

ESTUDIO

Posibilidades de adaptación de la Hoja de Ruta del Hidrógeno a las Capacidades Industriales en CyL

Análisis e Informe



**“Actividad financiada en el ámbito del IV Acuerdo Marco para la Competitividad y la Innovación
Empresarial de Castilla y León”**

Documento coordinado por la secretaría de Formación y Política Industrial de
Comisiones Obreras de Castilla y León. Diciembre 2023

Elaborado por Sonia Bonal Chamoso

Contenido

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	5
1.1 EL HIDRÓGENO COMO VECTOR ENERGÉTICO Y SU PAPEL EN LA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO	5
1.2 CONTEXTO SOBRE LA HOJA DE RUTA DEL HIDRÓGENO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.....	7
1.2.1 Internacional	7
1.2.2 Unión Europea.....	7
1.2.3 Nacional.....	10
1.3 OBJETIVOS Y METAS RELACIONADOS CON EL HIDRÓGENO EN EL CONTEXTO NACIONAL.	13
1.4 LA ADAPTACIÓN DE ESTA HOJA DE RUTA A LAS CAPACIDADES INDUSTRIALES DE CASTILLA Y LEÓN	17
2. ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA DEL HIDRÓGENO	19
2.1 TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL HIDRÓGENO	19
2.1.1 Producción de hidrógeno	19
2.1.2 Almacenamiento	24
2.1.3. Transporte	25
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS Y APLICACIONES POTENCIALES.	27
2.2.1 Hidrógeno como materia prima:.....	27
2.2.2 Hidrógeno para la producción de calor.....	29
2.2.3 Hidrógeno en el sector del transporte	29
2.2.4 Hidrógeno en el sector eléctrico	30
2.2.5 Aplicaciones de una pila de combustible de hidrógeno.....	30
2.3 ESTADO DE LA LÍNEAS DE TRABAJO DE OTROS PAISES Y OTRAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS	32
3. RECURSOS EN CASTILLA Y LEÓN Y VENTAJAS COMPETITIVAS	44
3.1 PRINCIPALES INDUSTRIAS PRESENTES EN CASTILLA Y LEÓN Y CAPACIDADES.....	44
3.2 EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS DE ENERGÍA RENOVABLE DISPONIBLES EN CASTILLA Y LEÓN.....	45
3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES INDUSTRIALES, Y DE INVESTIGACIÓN EN CASTILLA Y LEÓN.	48
3.3.1 Identificación de las capacidades e infraestructura industrial existente.....	48
3.3.2 Análisis de la oferta formativa para la industria de hidrógeno.....	52
3.3.3 Capacidades tecnológicas de I+D+i, Estado de las tecnologías del hidrógeno:	53

3.4 PROYECTOS EN CASTILLA Y LEÓN.....	56
4. BARRERAS Y DESAFÍOS	62
4.1 IDENTIFICACIÓN DE OBSTÁCULOS.	62
4.2 DESAFÍOS REGULATORIOS, TÉCNICOS Y ECONÓMICOS.....	64
4.3 IDENTIFICACIÓN DE DESAFÍOS LABORALES, NUEVOS RIESGOS PARA LA SALUD.....	73
4.3.1 Desafíos socio-laborales.....	73
4.3.2 Nuevos riesgos para la salud	75
5. OPORTUNIDADES	81
5.1 OPORTUNIDADES ECONÓMICAS, AMBIENTALES SOCIALES Y DE EMPLEO.....	81
5.2 INDUSTRIA AUXILIAR DE CASTILLA Y LEÓN	83
5.3 LÍNEAS DE TRABAJO CON PROYECTOS CONJUNTOS DE HIDRÓGENO CON INSTITUCIONES, EMPRESAS, Y OTRAS REGIONES.	85
5.4 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIACIÓN DISPONIBLES PARA PROYECTOS RELACIONADOS CON EL HIDROGENO.	93
6. RECOMENDACIONES Y ACCIONES.....	99
7. CONCLUSIONES	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

1.1 EL HIDRÓGENO COMO VECTOR ENERGÉTICO Y SU PAPEL EN LA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

Según el informe Global Hydrogen Review 2023 de la Agencia Internacional de la Energía. (AIE). El hidrógeno de bajas emisiones representa menos del 1% de la producción y el uso total de hidrógeno en el mundo.

En España las aproximadamente 500.000 t/año de hidrógeno consumidas generan unas emisiones de en torno a 4,5 millones de toneladas de CO₂/año. La práctica totalidad de este consumo se produce en las plantas de fabricación de productos industriales y en las refinerías, siendo Repsol el mayor productor y consumidor de hidrógeno del país, con el 72% del total. Por sectores, el consumo se reparte en un 70% como materia prima, principalmente

en refinerías, un 25% en fábricas de productos químicos de uso industrial (amoníaco) y el 5% restante en sectores industriales como el metalúrgico.

CUADRO RESUMEN DEMANDA

Millones de toneladas, 2021 - 2030

Sector	Aplicaciones principales	Demanda actual	Demanda STEPS 2030	Demanda APS 2030
Refinería	Hidrosulfurización	40 Mt	47 Mt	43 Mt
Industria	Amoníaco	Fertilizantes, combustible	34 Mt	
	Metanol	Formaldehído, combustible	15 Mt	65 Mt
	DRI	-	5 Mt	68 Mt
	Carretera	-	-	-
Transporte	Ferroviano	Pila de combustible	0,03 Mt	0,7 Mt
	Marítimo	Combustible sostenible		8 Mt
	Aéreo			
Sector inmobiliario	Pila de combustible, calefacción, cocina	-	0,15 Mt	2 Mt
Generación electricidad	-	-	0,3 Mt	5 Mt

Fuente: Global Hydrogen Review 2022 AIE

Por lo que el hecho de sustituir el hidrógeno de origen fósil por hidrógeno de origen renovable indudablemente tendrá un efecto significativo en la mitigación del cambio climático. Y es que el hidrógeno verde se ha convertido en un tema central en la búsqueda

de soluciones para abordar los desafíos relacionados con la transición hacia una economía baja en carbono y la lucha contra el cambio climático. Su importancia radica en varios factores clave:

1. Almacenamiento de energía: El hidrógeno es una forma eficiente de almacenar energía a largo plazo. Puede producirse mediante la electrólisis del agua cuando hay un exceso de energía renovable disponible, y luego utilizarse cuando la demanda de energía es alta o cuando la energía renovable no está disponible, lo que contribuye a estabilizar la red eléctrica.

2. Energía limpia: El hidrógeno verde es una fuente de energía completamente limpia, ya que su combustión o uso en celdas de combustible solo emite agua como subproducto. Esto lo convierte en una opción atractiva para reemplazar los combustibles fósiles en una variedad de aplicaciones, desde la movilidad hasta la generación de energía y la industria.

3. Descarbonización de sectores difíciles de electrificar: Algunos sectores industriales y de transporte son difíciles de electrificar directamente debido a sus altas temperaturas y requisitos energéticos específicos. El hidrógeno puede proporcionar una solución en estos casos, ya que puede utilizarse como combustible limpio en aplicaciones como la producción de acero, la industria química y el transporte pesado.

Teniendo en cuenta que el 80% del consumo energético mundial no es eléctrico, y en cambio, las principales fuentes de energía renovable generan únicamente electricidad (solar, eólica, hidroeléctrica...), esto genera una descompensación entre el consumo de energía eléctrica y de combustibles fósiles, y por tanto se requiere de tecnologías que permitan "electrificar la economía", convirtiendo usos finales no eléctricos en eléctricos, bien sea de forma directa o indirecta y de esta forma esos usos finales que hoy en día son consumos de fósiles directos (Calor industrial, movilidad, ...) puedan optar a ser suministrados por energías renovables. (Rupérez, M. 2023)

Es en esa función electrificadora indirecta donde se posiciona el hidrógeno renovable electrolítico, ya que es un gas combustible, que puede ser generado partiendo de electricidad renovable, y que no emite CO₂ en su combustión. De esta forma el hidrógeno opta, en términos absolutos, a descarbonizar buena parte de ese 80% de consumos que a día de hoy no son eléctricos sino consumos de fósiles directos. (Rupérez, M. 2023)

4. Flexibilidad y versatilidad: El hidrógeno es versátil y puede utilizarse en una variedad de aplicaciones energéticas, incluyendo la generación de electricidad, la calefacción y

refrigeración, la movilidad y la industria. Esta versatilidad lo convierte en un vector energético valioso para una amplia gama de necesidades energéticas.

5. Internacionalización de la energía: El hidrógeno también puede ser un elemento importante para promover la cooperación internacional en el ámbito de la energía. Los países pueden colaborar en la producción, transporte y comercio de hidrógeno, lo que puede contribuir a la seguridad energética y la estabilidad geopolítica.

Sin embargo, es importante destacar que el hidrógeno solo será un vector energético realmente sostenible si se produce de manera limpia, utilizando fuentes de energía renovable o tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC) para mitigar las emisiones de carbono asociadas con su producción a partir de fuentes de carbono como el gas natural. Además, se requiere una inversión significativa en infraestructura y tecnologías para hacer que el hidrógeno sea competitivo en comparación con los combustibles fósiles. La transición hacia una economía baja en carbono dependerá en gran medida de cómo se aborden estos desafíos en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno.

1.2 CONTEXTO SOBRE LA HOJA DE RUTA DEL HIDRÓGENO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.

1.2.1 Internacional

En 2019, la ONU lanzó la Estrategia Mundial de Hidrógeno como parte de su esfuerzo por abordar el cambio climático y promover la energía sostenible. La estrategia se centra en la colaboración internacional para acelerar la producción, distribución y uso del hidrógeno limpio en todo el mundo.

Los países miembros del G20 han estado trabajando en colaboración para promover el desarrollo del hidrógeno como parte de sus esfuerzos para abordar los desafíos climáticos y energéticos. Esto incluye el intercambio de mejores prácticas y la promoción de la inversión en proyectos de hidrógeno.

1.2.2 Unión Europea

En 2018, 28 países europeos firmaron la **Iniciativa del Hidrógeno**, una iniciativa en la que la Comisión Europea y los países miembros destacan el papel del hidrógeno sostenible como herramienta para garantizar el suministro de energía, descarbonizar la economía y facilitar

la competitividad energética. Esta iniciativa culminó con la **Estrategia Europea del Hidrógeno**. De entre estas acciones, destaca la inclusión del hidrógeno renovable en la Directiva 2018/2001, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

El alza de precios de las materias primas y los combustibles que se inició a finales de 2021 evidenció la necesidad de nuevas estrategias y propuestas legislativas que hicieran posible alcanzar la neutralidad climática y la dependencia, cada vez menor, de los combustibles fósiles. El año 2022, marcado por la invasión rusa en Ucrania, ha acelerado la necesidad de la que Unión Europea aumente su independencia energética.

La Comisión Europea presentó el **Plan REPowerEU** en el que la aceleración del despliegue de las energías renovables es uno de sus principales objetivos. El citado Plan prevé que, en la revisión de la Directiva de Energías renovables, actualmente en tramitación, se aumente el objetivo de cuota de renovables en energía final en 2030 al 45 %.

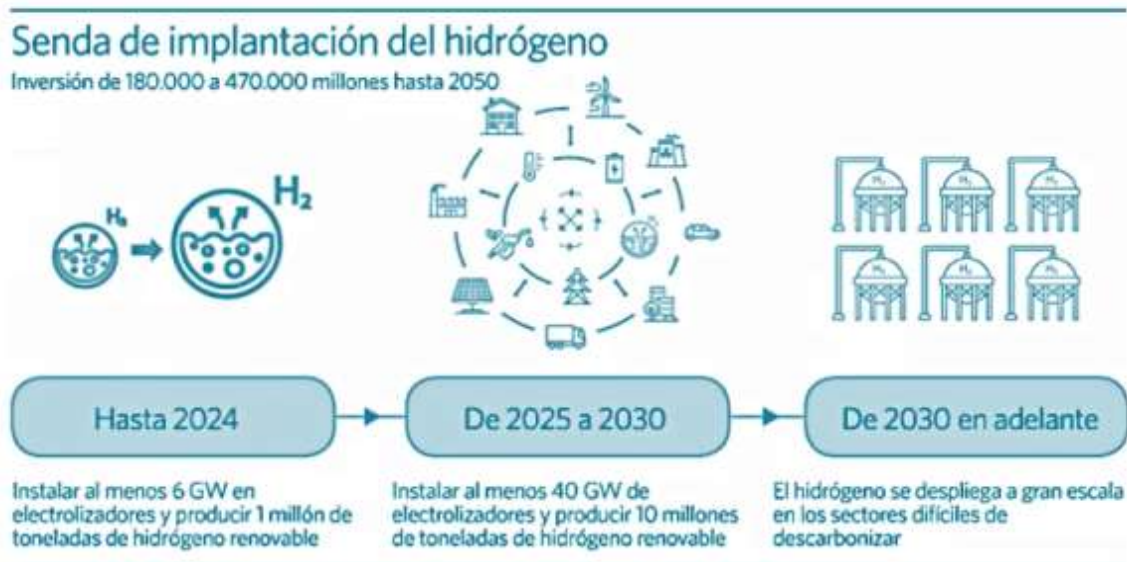
Además, el programa REPowerEU contempla el desarrollo de cinco corredores de hidrógeno que permitan conectar los distintos países productores con los centros de demanda. En este contexto, España no solo se sitúa como un potencial gran productor, sino que también tiene la capacidad para exportar a otros países de la UE.

Asimismo, el **Pacto Verde Europeo** (*European Green Deal*) incluye en su previsión de desarrollo la aprobación de varias estrategias y mecanismos de financiación para la promoción y el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno renovable.

Dentro de las políticas a desarrollar en el marco del Pacto Verde Europeo la **Estrategia Europea del Hidrógeno** tiene por objeto establecer las pautas necesarias para desarrollar el papel del hidrógeno limpio en la reducción de emisiones de la economía de la UE de una manera eficiente. Para ello, la estrategia aborda los principales campos de actuación a considerar, en concreto inversiones, marco regulatorio, nuevo liderazgo de mercados, I+D en tecnologías y mercados, red de infraestructuras y la cooperación con terceros países.

Asimismo, indica que el ecosistema del hidrógeno en Europa es probable que se desarrolle a través de una trayectoria gradual, a diferentes velocidades en los diferentes sectores y posiblemente en las distintas regiones, requiriendo, por tanto, múltiples soluciones políticas.

Para garantizar el avance de las tecnologías del hidrógeno renovable, la Estrategia establece tres horizontes temporales (2024, 2030 y 2050) para los que determina una sucesión de hitos a alcanzar:



Fuente: Comisión Europea

Objetivo 2024:

Potencia de Electrolización: 6 GW.

Producción H₂: 1 millón de Ton/ año.

Los electrolizadores principalmente se instalarán junto a los centros de demanda existentes en refinerías, plantas de acero y complejos químicos. Adicionalmente, se necesitarán hidrogeneras para el repostaje de los autobuses eléctricos de pilas de combustible alimentadas con hidrógeno y en una etapa posterior de camiones eléctricos de pila de combustible. Por lo tanto, también se necesitarán electrolizadores para suministrar localmente un número creciente de estaciones de repostaje de hidrógeno.

Objetivo 2025-2030:

Potencia de Electrolización: 40 GW.

Producción H₂: 10 millones de Ton/ año.

El hidrógeno debe convertirse en una parte intrínseca de un sistema energético integrado con el objetivo estratégico de instalar al menos 40 GW de electrolizadores para 2030 y la producción de hasta 10 millones de toneladas de hidrógeno renovable en la UE.

Se espera que el hidrógeno renovable sea gradualmente competitivo en precio con otras formas de producción de hidrógeno, pero se necesitarán políticas específicas de la demanda para que la demanda industrial incluya gradualmente nuevas aplicaciones, incluidas la fabricación de acero, camiones, ferrocarriles y algunas aplicaciones de transporte marítimo, y otros modos de transporte.

Objetivo 2030- 2050:

Las tecnologías de hidrógeno renovable deben alcanzar la madurez y desplegarse a gran escala. El 25% de la energía renovable debe usarse en la generación de Hidrógeno Renovable. Dichos objetivos, llevan aparejados unas inversiones que se sitúan entre los 180.000 y los 470.000 Millones de Euros. En esta fase, la producción de electricidad renovable necesita aumentar masivamente, ya que alrededor de una cuarta parte de la electricidad renovable podría usarse para la producción de hidrógeno renovable en 2050.

Ley de Cambio Climático y Transición Energética

1.2.3 Nacional

En el ámbito nacional los principales documentos que definen la Estrategia Española del Hidrógeno son:

- **LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA.**

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética dispone que el Gobierno fomentará, mediante la aprobación de planes específicos, la penetración de los gases renovables, incluyendo el biogás, el biometano y el hidrógeno renovable entre otros.

- **PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030 (PNIEC)**

El **PNIEC** destina su medida 1.8 al fomento de los gases renovables. La medida establece que se fomentará, mediante la aprobación de planes específicos, la penetración del gas renovable, incluyendo el biogás, el biometano, el hidrógeno renovable y otros. Adicionalmente, se menciona el papel del hidrógeno en la gestión de los vertidos renovables del sistema eléctrico, medida 1.2 Gestión de demanda, almacenamiento y flexibilidad. Asimismo, la medida 2.4 da impulso al vehículo eléctrico, incluye en esta categoría el fomento al vehículo de pila de combustible.

En junio de 2023 se ha llevado a cabo la consulta pública sobre el borrador de actualización del PNIEC 2023-2030 y se han introducido metas nuevas, en coherencia con los nuevos objetivos europeos, donde se impulsan los gases renovables: el hidrógeno renovable y el

biogás. Se prevén para 2030 cerca de **11 GW de electrolizadores** para la producción de hidrógeno renovable, principalmente, para usos industriales, lo que supone un incremento sobre las primeras estimaciones en la hoja de ruta de hidrógeno, que fijaba como meta los 4 GW de electrólisis para 2030.

- **PLAN DE RECUPERACIÓN TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA DEL GOBIERNO DE ESPAÑA**

Este Plan es la Estrategia Española para canalizar los fondos destinados por Europa a reparar los daños provocados por la crisis del COVID-19 y, a través de reformas e inversiones, construir un futuro más sostenible.

El hidrógeno verde es una de las soluciones para la transición energética impulsadas por el Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia del Gobierno de España, y en particular a través del PERTE (*Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica*) de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento ERHA.

Además el Plan de recuperación está en consonancia con el (PNIEC) 2021-2030, que proporciona el marco director del programa de inversiones y reformas para una transición medioambiental justa que desarrolle las capacidades estratégicas de la economía verde.

Consta de 4 Ejes transversales:

- I. Transición ecológica
- II. Transformación digital
- III. Cohesión social y territorial
- IV. Igualdad de género

Estos cuatro ejes orientan las diez políticas palanca que determinan la evolución futura del país. Concretamente la palanca 3: recoge el **Componente 9 “Hoja de ruta del hidrógeno renovable y su integración sectorial”**,

Esta componente desarrolla lo previsto en el Marco Estratégico de Energía y Clima, y en concreto supone el desarrollo de varias de las medidas del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).

- **HOJA DE RUTA DEL HIDRÓGENO RENOVABLE**

Incluye un análisis de la situación actual y de las barreras que afronta el desarrollo del hidrógeno renovable en España, incluyendo medidas en distintos ámbitos (normativos, incentivos, etc.) para conseguir desarrollar el hidrógeno renovable.

Desarrolla 4 líneas de acción:

- I. Instrumentos regulatorios
- II. Instrumentos sectoriales
- III. Instrumentos transversales
- IV. Impulso a la I+d+i

(Dentro de los instrumentos sectoriales se incluye el impulso a la aplicación del hidrógeno renovable en el transporte, mediante 15 medidas que abarcan todos los modos y medios.)

▪ **HIDRÓGENO RENOVABLE: UN PROYECTO PAÍS,**

Se desarrolla a través de 4 líneas:

- a) Medidas de apoyo a las pymes y los centros tecnológicos
- b) Integración sectorial que concentre espacialmente la producción, transformación y consumo a gran escala
- c) Desarrollo de proyectos pioneros
- d) Integración de la cadena de valor nacional en la cadena de valor comunitaria

En junio de 2023 el Consejo de Ministros aprobó la adenda del Plan de Recuperación y su remisión a la Comisión Europea. Esta adenda prevé un refuerzo de las medidas en energía y clima, en particular el impulso del autoconsumo y las comunidades energéticas, el hidrógeno renovable y las redes eléctricas para la integración de renovables, así como el refuerzo de la cadena de valor de las tecnologías necesarias para alcanzar la neutralidad climática, con el objetivo de desarrollar capacidades de fabricación de componentes y equipos para la transición energética y reducir la dependencia tecnológica e industrial exterior.

La Adenda incluye un nuevo capítulo destinado a la financiación de las actuaciones bajo la iniciativa RepowerEU, con cerca de 7.000 millones de euros de financiación de los que cerca de 4.200 millones de euros dirigidos al PERTE de energías Renovables, Hidrógeno renovable y Almacenamiento energético (ERHA). Asimismo, la apuesta por el Hidrógeno renovable se pone de manifiesto duplicando la inversión prevista en el plan inicial con la incorporación de 1.600 millones de euros adicionales para el desarrollo de la cadena de valor, nuevos proyectos pioneros, la creación de valles del hidrógeno y el apoyo de Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (IPCEI) .

▪ LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE INNOVACIÓN

La estrategia española de innovación relacionada con el hidrógeno también ha seguido un proceso de creciente internacionalización. España se unió al proyecto *Mission Innovation 2.0* en septiembre de 2022 y cuatro proyectos españoles fueron seleccionados en la convocatoria de 5.400 millones de euros de la Comisión Hydrogen IPCEI (Proyectos Importantes de Interés Común Europeo) para apoyar el primer despliegue y la innovación en la cadena de valor de la tecnología del hidrógeno en julio de 2022. En la segunda edición del IPCEI, centrada en el desarrollo de proyectos industriales y de desarrollo de infraestructuras, las empresas españolas obtuvieron el 20% de los proyectos seleccionados, liderando junto a los Países Bajos las adjudicaciones.

Uno de los proyectos que permitirá convertir a España en el primer hub de hidrógeno renovable a nivel mundial, es el **H2MED** que busca conectar los centros de producción de hidrógeno verde situados en la península ibérica con la demanda doméstica de hidrógeno, tanto en la península ibérica como en el centro de Europa. Impulsado por los gobiernos de España, Portugal y Francia, al que ahora también se ha unido el Gobierno de Alemania, el H2Med incluye dos infraestructuras transfronterizas, una entre Celorico da Beira (Portugal) y Zamora, y otra, submarina, entre Barcelona y Marsella (Francia). Se incluye además un eje que discurrirá por el Cantábrico, nordeste y costa mediterránea y otro por el oeste y el sur del país. Se trata de una infraestructura clave al incorporar los primeros ejes de la red troncal nacional que permitirán conectar los centros de producción de hidrógeno verde con la demanda doméstica y con las dos interconexiones internacionales con Francia y con Portugal.

En 2022 España fue el 3er país en recepción de nuevos proyectos en el sector de las energías renovables y el 4º país que recibió más proyectos que implican la realización de actividades de I+D, así como el 4º en el ranking de países receptores de proyectos de automoción o relacionados con hidrógeno limpio, según DataInvenx.

1.3 OBJETIVOS Y METAS RELACIONADOS CON EL HIDRÓGENO EN EL CONTEXTO NACIONAL.

La **Hoja de Ruta del Hidrógeno** define un conjunto de 60 medidas, de carácter regulatorio y sectorial entre otros, para el despliegue de este sector energético en España y conformando, en definitiva, un proyecto país mediante el cual España se convierta en una

potencia productora de hidrógeno a través del desarrollo de una industria nacional que abarque toda la cadena de valor.



Fuente: Asociación Española del hidrógeno

Para ello contempla dos plazos para posicionar a España como un referente en la industria del hidrógeno renovable:

- Para el año 2030, establece como objetivo la penetración del hidrógeno en diferentes sectores —como el transporte— previendo, entre otras medidas, la creación de dos líneas ferroviarias impulsadas por hidrógeno, 150-200 autobuses, 5.000-7.500 vehículos ligeros y pesados para transporte de mercancías, y 100-150 hidrogeneras de acceso público.
- El segundo horizonte temporal, mucho más ambicioso, se plantea alcanzar en el año 2050 con el fin de lograr la descarbonización global jugando un importante papel el hidrógeno renovable fundamentalmente en aquellos sectores que presentan especial dificultad.

En relación a su contenido:

1. Producción de Hidrógeno: La hoja de ruta aborda cómo se producirá el hidrógeno. Donde se incluye la producción de hidrógeno verde (mediante electrólisis del agua con energía

renovable), hidrógeno azul (mediante captura y almacenamiento de carbono en la producción a partir de combustibles fósiles), o una combinación de ambos.

2. Infraestructura: Describe la planificación y desarrollo de la infraestructura necesaria para producir, almacenar, transportar y distribuir el hidrógeno, como la construcción de plantas de producción de hidrógeno, terminales de hidrógeno, estaciones de carga de hidrógeno y redes de tuberías.

3. Aplicaciones: Detalla las áreas donde se utilizará el hidrógeno, como el transporte (vehículos de hidrógeno y ferrocarriles), la industria (producción de acero, química, etc.), la generación de energía (cogeneración y respaldo) y la calefacción.

4. Inversión y Financiamiento: Establece los recursos financieros y las fuentes de financiación necesarias para llevar a cabo la implementación de la hoja de ruta, incluyendo inversión pública y privada, incentivos fiscales y programas de apoyo.

5. Regulación y Normativas: Aborda los cambios necesarios en la regulación y las normativas para respaldar el desarrollo del hidrógeno, incluyendo estándares de seguridad y ambientales.

6. Investigación y Desarrollo: Destaca la importancia de la inversión en investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia de producción, almacenamiento y aplicaciones del hidrógeno.

7. Colaboración Internacional: Reconoce la necesidad de cooperación internacional para promover el comercio de hidrógeno y compartir mejores prácticas.

8. Sostenibilidad: Enfatiza la importancia de producir y utilizar hidrógeno de manera sostenible, minimizando las emisiones de carbono y los impactos ambientales.

9. Cronograma y Metas: Establece un cronograma para la implementación de las acciones clave y define metas cuantitativas, como la cantidad de producción de hidrógeno o la reducción de emisiones de carbono.

10. Evaluación y Seguimiento: Proporciona un mecanismo para evaluar el progreso y ajustar la hoja de ruta según sea necesario a lo largo del tiempo.

Para lograr sus objetivos, la Hoja de Ruta del Hidrógeno contempla un plan de actuación en cuatro líneas:

La primera de estas líneas de actuación busca el **establecimiento de una cadena de valor industrial innovadora, y de conocimiento del hidrógeno**, que permita asentar la experiencia y conocimientos necesarios sobre la producción y aprovechamiento del hidrógeno, con el objetivo de desarrollar, en más profundidad, futuras iniciativas.

La segunda focaliza la atención en **identificar aquellas zonas donde se concentre industria electro intensiva** que aúne la producción y el consumo, los llamados valles de hidrógeno, a fin de integrar sectorialmente el hidrógeno a gran escala.

En tercer lugar, se contempla la **creación de proyectos I+D+i singulares pioneros del hidrógeno**, ya versen sobre la producción, o el almacenamiento o el transporte, para impulsar la investigación científica y tecnológica de las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustibles, España cuenta con un consorcio público —Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH2)— con líneas de actividad sobre la producción y transformación del hidrógeno, cubriendo lo relativo a normativa, certificación y seguridad.

Finalmente, la cuarta línea de la Hoja de Ruta del Hidrógeno prevé la **integración del mercado español en el mercado comunitario**, principalmente como importadora, interconectando la generación, suministro y consumo a través de transporte.

Mecanismos de actuación

- Desarrollo de las medidas contenidas en la Hoja de Ruta del Hidrógeno.
- Desarrollo del marco normativo nacional del Hidrógeno a través de la incorporación e integración de la nueva regulación europea que modifica la normativa de gas natural.
- Adecuación de los objetivos nacionales a los previstos en el Plan REPowerEU, en la nueva Directiva de Energías Renovables y en el Paquete relativo al hidrógeno y al gas descarbonizado, formado por la Directiva relativa a normas comunes para los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno y por el Reglamento relativo a los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno.
- Simplificación administrativa y eliminación de barreras regulatorias.
- Líneas de ayuda a proyectos de cadena de valor de H2 renovable bajo el marco del PRTR, entre ellos los Proyectos IPCEI (Proyectos Importantes de Interés Común Europeo) H2.

- Revisión y actualización de la Hoja de Ruta del Hidrógeno y sus objetivos para su adaptación a la nueva coyuntura energética y geopolítica internacional y europea.
- Medidas destinadas a la promoción de la I+D+I. Estas actuaciones han sido incluidas en la Hoja de Ruta del Hidrógeno con el objeto de potenciar el liderazgo de las empresas e industrias españolas de la economía del hidrógeno a través de la I+D+I

1.4 LA ADAPTACIÓN DE ESTA HOJA DE RUTA A LAS CAPACIDADES INDUSTRIALES DE CASTILLA Y LEÓN

La adaptación de la hoja de ruta del hidrógeno a las capacidades industriales de Castilla y León es de gran importancia por varias razones:

- **Aprovechamiento de Recursos Locales:** Castilla y León cuenta con una rica tradición industrial en sectores como la metalurgia, la agricultura, la automoción y la energía. Adaptar la hoja de ruta del hidrógeno a estas capacidades industriales permitirá aprovechar los recursos y la experiencia local para desarrollar y adoptar tecnologías de hidrógeno en estas áreas.
- **Generación de Empleo y Crecimiento Económico:** La implementación de tecnologías de hidrógeno puede impulsar la creación de empleo y el crecimiento económico en la región, además del fomento en la inversión en proyectos relacionados con el hidrógeno y la formación de mano de obra especializada en esta tecnología.
- **Diversificación Industrial:** La incorporación del hidrógeno en la estrategia industrial de la región puede contribuir a la diversificación de la base industrial, reduciendo la dependencia de sectores específicos y aumentando la resiliencia económica en tiempos de cambios en la demanda de energía y la regulación ambiental.
- **Reducción de Emisiones de Carbono:** La adaptación de la hoja de ruta del hidrógeno a las capacidades industriales de Castilla y León puede ayudar a reducir las emisiones de carbono en sectores industriales clave. Esto es especialmente relevante en el contexto de la transición hacia una economía baja en carbono y la lucha contra el cambio climático.
- **Competitividad Regional:** Si Castilla y León se convierte en un centro de excelencia en tecnologías de hidrógeno, podría aumentar su competitividad en el mercado nacional e internacional. Esto podría atraer inversiones y colaboraciones de empresas y organismos de investigación de todo el mundo.
- **Desarrollo de Cadena de Suministro:** La adaptación de la hoja de ruta del hidrógeno podría impulsar el desarrollo de una cadena de suministro regional en torno al

hidrógeno, que incluya la producción, almacenamiento, distribución y uso de hidrógeno, así como la fabricación de equipos y tecnologías relacionados.

- Colaboración Intersectorial: Al adaptar la hoja de ruta del hidrógeno a las capacidades industriales de la región, se pueden promover colaboraciones entre sectores industriales que pueden beneficiarse mutuamente de la tecnología del hidrógeno, como la industria agrícola y la industria energética.

En resumen, adaptar la hoja de ruta del hidrógeno a las capacidades industriales de Castilla y León no solo aprovecha el potencial económico y tecnológico de la región, sino que también contribuye a los objetivos de sostenibilidad, competitividad y diversificación industrial en un contexto de transición hacia una economía baja en carbono. Puede ser un impulsor significativo para el desarrollo regional y la contribución a los objetivos nacionales e internacionales de reducción de emisiones de carbono

2. ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA DEL HIDRÓGENO

2.1 TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL HIDRÓGENO

2.1.1 Producción de hidrógeno

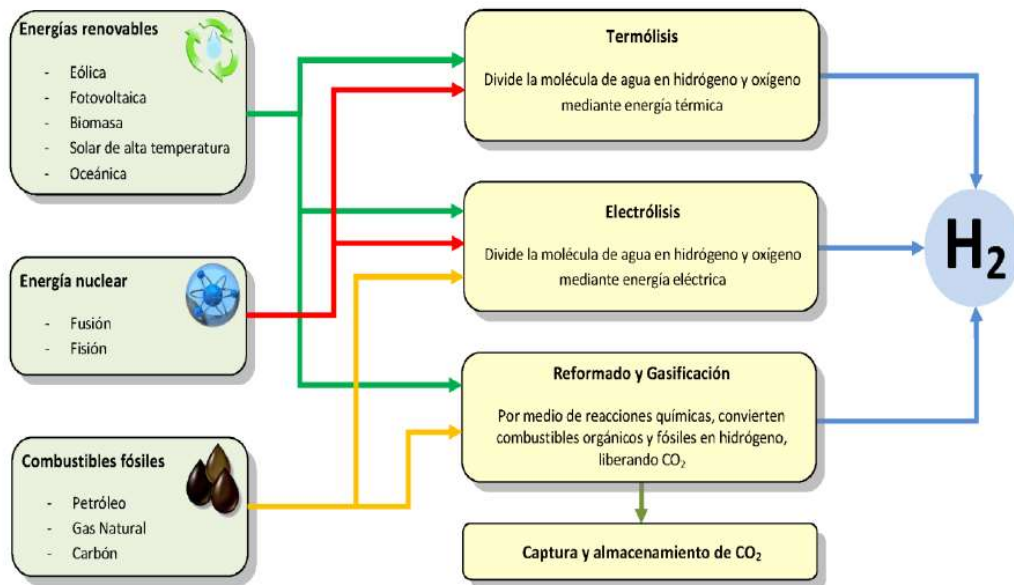
El hidrógeno no es una fuente como tal de energía primaria, ya que no existe en forma libre en la naturaleza, sino que se encuentra asociada a otros elementos químicos, en muchos tipos de compuestos, por lo que para su obtención como hidrógeno puro es necesario separarlo, por esta razón se le conoce como una fuente de energía secundaria.

Según el proceso de generación de forma habitual se utilizan un código de colores, con el objetivo de distinguir la huella generada por los diferentes procesos.



Fuente: AIE

¿Cómo se produce el H₂?



Fuente: Tresca INGENIERIA

PRODUCCIÓN DEL HIDRÓGENO CON EMISIONES:

Gasificación de carbón

En lugar de quemar el combustible fósil, la gasificación transforma químicamente el carbón en un gas natural sintético. Es muy intensivo en emisiones CO_2 . Se le conoce como hidrógeno marrón.

Reformado de gas natural:

Es la técnica más económica y empleada actualmente. También llamado reformado de metano, consiste en romper las moléculas de metano con vapor de agua a alta temperatura en presencia de un catalizador. También muy intensivo en emisiones CO_2 . Se le conoce como hidrógeno gris.

PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO BAJO EN EMISIONES:

Reformado de biometano

El proceso de reformado de gas natural puede usarse también partiendo del biometano como materia prima. El biometano, también conocido como gas renovable, es un gas

combustible que se obtiene a partir de la purificación del biogás. En este caso, sustituir el gas natural por biometano, conlleva las siguientes ventajas:

Permite producir un hidrógeno verde, con una huella de carbono negativa, al emplear el biometano obtenido a partir de biogás procedente de la digestión de residuos orgánicos, como son las deyecciones ganaderas.

Es una tecnología segura y de bajo coste.

Permite el empleo de la infraestructura gasista existente.

Producción de hidrógeno in-situ, regulando la generación al consumo.

Genera valor añadido sobre el biogás y el biometano para su comercialización.

Captura, Almacenamiento y Uso de Carbono

En este caso el CO₂ producido a través de las vías de reformado de gas natural y biometano y gasificación del carbón es capturado con un sistema de captura y almacenamiento de carbono, reduciendo las emisiones del mismo. El hidrógeno producido se le considera azul.

Energía nuclear.

El hidrógeno es producido por electrolisis o termólisis del agua, pero la energía para su producción viene de fuente nuclear. Es conocido como hidrógeno rosa.

Gasificación de la biomasa.

El hidrógeno también puede producirse a través de biomasa, por medio de rutas bioquímicas (biofotólisis y fermentación) o termoquímicas (gasificación de la biomasa, generando gas de síntesis e hidrógeno de igual forma que en la gasificación con carbón) (Ji & Wang, 2021).

Electrólisis del agua

Esta técnica utiliza electricidad para convertir el agua (H_2O) en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O). Se realiza mediante un electrolizador. Se le conoce como hidrógeno verde.

El electrolizador es un dispositivo donde se realiza de manera controlada la electrólisis del agua. Es un proceso a través del cual se consigue descomponer las moléculas de agua en los gases que la componen (2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno). Para ello, se aplica una corriente eléctrica continua (por una pila, una batería o una fuente de alimentación) que se conecta mediante electrodos al agua. El hidrógeno aparecerá en el cátodo (electrodo negativamente cargado), mientras que el oxígeno aparecerá en el ánodo (electrodo

positivamente cargado). Para aumentar la eficacia del proceso de la electrólisis, se agrega un electrolito (como un ácido, una base o una sal), además de electrocatalizadores.

Tipos de electrolizadores:

La tecnología comercial y más madura es la alcalina (AEL), seguida de la electrólisis de intercambio polimérica (PEM). En fase de laboratorio se encuentra la celda electrolizadora de óxido sólido (SOEC) y la electrólisis de membrana de intercambio iónico (AEM).

- **Electrolizador Alcalino (AEL)**

La tipología AEL consta de dos electrodos (ánodo y cátodo) metálicos no nobles como el níquel y con revestimiento electrocatalítico inmersos en un electrolito a base de hidróxido de potasio en disolución acuosa al 20 – 30 % (Brauns & Turek, 2020). Sendos electrodos se encuentran separados por un diafragma poroso.

- **Electrolizador de Intercambio Polimérico (PEM)**

En cuanto a los electrolizadores PEM, el electrolito es una membrana polimérica que permite el intercambio de protones de hidrógeno (H^+) y aísla el ánodo del cátodo. Los electrodos en este caso suelen ser de metales nobles como el platino y el iridio (Brauns & Turek, 2020).

Ventajas y Desventajas de las Tipologías AEL y PEM

Las principales ventajas de la tecnología AEL frente a la PEM son su madurez tecnológica (lo que supone un bajo coste), su mayor durabilidad, los bajos costes de mantenimiento y la existencia a nivel comercial de unidades con potencias del orden de megavatios, además pueden trabajar a gran escala con electrolizadores mayores.

Por otra parte, no utiliza materiales preciados como en el caso de la PEM, por lo que el coste de fabricación es mucho menor (Brauns & Turek, 2020). En cuanto a sus desventajas; es que la instalación es mucho más voluminosa (Brauns & Turek, 2020), y necesita de una fuente de energía estable.

La electrólisis PEM es una de las tecnologías prometedoras para la producción de hidrógeno, entre las ventajas que presenta están: la baja temperatura de funcionamiento, la respuesta rápida, la alta eficiencia, la alta densidad de potencia, el diseño compacto, la alta presión de salida, la capacidad de inicio rápido y el bajo nivel de ruido.

La principal desventaja es el coste, debido a los metales preciosos utilizados como electrocatalizadores para la electrólisis, lo que hace que su coste sea mayor que la electrólisis alcalina. Además, es una tecnología que no está completamente desarrollada y aún no dispone de unidades comerciales con potencias del orden de megavatios. Además, su vida útil es reducida y su coste es elevado debido a la necesidad de utilizar materiales caros como el iridio (Carmo et al., 2013)

Los electrolizadores de óxido sólido (SOE)

Son conocidos por ser electrolizadores de alta temperatura (HTE), ya que operan entre 600^o-800^oC, a diferencia de los alcalino y PEM que son considerados de baja temperatura. Es una tecnología que se encuentra aún en fase de desarrollo. En este tipo de electrolizadores, se usa un material cerámico sólido como electrolito.

Una de las principales ventajas es que no requieren de electrodos nobles, ya que, trabajan a alta presión, y teóricamente pueden alcanzar una alta eficiencia energética y térmica, cercana al 100%, en caso de aprovechar el calor generado (superando así a los PEM y alcalinos). Además, produce bajas emisiones a un coste bajo.

Como desventajas se encuentra el gran volumen de diseño, su baja durabilidad, y las temperaturas de operación altas y difíciles de trabajar.

Los electrolizadores de membrana de intercambio aniónico (AEM)

Se encuentran en fase de investigación. La principal ventaja es que genera una menor corrosión, además, no emplea metales nobles. El principal problema que presenta es su escasa vida útil, 100 horas de operación sostenida como máximo.

Comparación de eficiencia de pila de hidrogeno

Tipo	Electrolito	Temp. Operación [°C]	Potencia	Eficiencia	Aplicaciones
PEM	Polímero compuesto por ácido perfluorosulfónico	< 120	< 1kW – 100kW	60%	Portátiles, Transporte, Vehículos
DMFC	Carbonatos alcalinos	600-700	40kW – 125kW	60%	Industria, Transporte
SOFC	Zirconia estabilizada con ytrio	500-1000	1kW – 2MW	60%	Sistema auxiliar en automóviles, Generación de electricidad y calor
MCFC	Aleación de níquel	600-700	10kW – 2MW	60%	Generación centralizada de energía eléctrica para aplicaciones industriales
PAFC	Ácido fosfórico	150-205	50kW – 400kW	40%	Aplicaciones estacionarias
AFC	Mezcla fundida de hidróxido de potasio	< 100	1kW – 100kW	70%	Misiones espaciales y/o militares, Transporte

Fuente: <https://www.tecpa.es/pila-combustible/>

2.1.2 Almacenamiento

El almacenamiento de hidrógeno se puede llevar a cabo de diversas formas. Entre las soluciones más utilizadas destacan los tanques de almacenamiento de gas comprimido e hidrógeno líquido, como las estaciones de repostaje de hidrógeno, y las esferas de hidrógeno líquido, utilizadas en los grandes centros de producción y terminales de importación y exportación.

Por otro lado, los depósitos de hidrógeno comprimido están ganando terreno en el mercado de los coches de pila de combustible, por su idoneidad para almacenar hidrógeno a bordo de un vehículo.

Almacenamiento subterráneo

El almacenamiento subterráneo de gas natural juega un papel clave a la hora de cumplir con las necesidades de adaptación de suministro de hidrógeno. Para determinar las formas de

almacenamiento de hidrógeno, se toma como referencia el almacenamiento de gas natural y su posible adecuación.

2.1.3. Transporte

El transporte por ducto se sitúa como el más eficiente y económico en distancias que no superen los 2.500 – 3.000 kilómetros, mientras que, para distancias superiores, el transporte marítimo es la mejor opción.

2.1.3.1 Transporte por tubería

Se espera que el comercio transfronterizo de hidrógeno experimente un crecimiento acelerado a medio / largo plazo y para eso, la construcción o modernización de la infraestructura existente es necesaria.

- **Blending**

Se denomina blending al proceso de añadir hidrógeno a una corriente de gas natural utilizando la infraestructura ya existente. A corto plazo, la inyección de hidrógeno verde en la red de gas natural representa un medio de fomento para potenciar la economía del hidrógeno renovable; a largo plazo, este uso puede implicar el medio de almacenamiento y distribución del hidrógeno a gran escala, reutilizando la red de tuberías y accesorios para gas natural (requiere de cierta adecuación de materiales y otras consideraciones).

El hidrógeno renovable puede ser mezclado en cierta proporción con el gas natural (entre un 5-20% en volumen dependiendo el país de la EU), lo cual, a su vez, depende de algunos factores como componentes del sistema y consumidores finales. En estos bajos volúmenes de mezcla, existen estudios que demuestran que se requieren pocos cambios para su implementación. La mezcla de hidrógeno con gas natural colabora con la reducción de emisiones de carbono.

- **Readaptación redes existentes gas natural y gas natural licuado**

La readaptación de la infraestructura de gas natural existente impulsaría la utilización de hidrógeno, pero en la práctica, existe una experiencia muy limitada en la readaptación a 100 % hidrógeno.

En el marco europeo, la mencionada iniciativa European Hydrogen Backbone une a 32 operadores de infraestructuras energéticas de 25 países. Se estima que en 2030 exista una

red de alrededor de 28.000 kilómetros de hidroductos, la cual se vería incrementada a 53.000 kilómetros en 2040, de los cuales más del 60 % serían gasoductos readaptados.

2.1.3.2 Transporte como hidrógeno líquido

En lo que al gas natural licuado respecta, se ha acelerado la construcción de nuevas terminales de importación en Europa con el objetivo de reducir la dependencia del gas ruso. La viabilidad de readaptación de una terminal depende de si va a recibir hidrógeno o amoníaco. Su readaptación para recibir hidrógeno licuado presenta dificultades técnicas importantes. Requiere la sustitución o modificación drástica de la mayoría de los equipos, en particular debido a la menor densidad y punto de ebullición del hidrógeno licuado en comparación con el gas natural licuado.

El transporte de hidrógeno líquido puede ser atractivo para los usuarios que requieran hidrógeno de gran pureza dado que minimiza la pérdida energética tras su conversión.

2.1.3.3 Transporte como Amoníaco

Debido a su uso generalizado como materia prima para fertilizantes, existe un elevado nivel de madurez tecnológica en muchos aspectos del almacenamiento y transporte de amoníaco. La infraestructura global cuenta con un comercio marítimo significativo cercano a 20 millones de toneladas al año y 195 terminales de amoníaco en más de 120 puertos.

A pesar de lo tóxico y corrosivo del amoníaco, existen prácticas establecidas para su transporte y almacenamiento seguros.

El craqueo de amoníaco es necesario para la obtención de hidrógeno, tecnología que existe a pequeña escala utilizada en la metalurgia. Su consumo de energía ronda el 30 % del insumo, por lo que la innovación debe abordar retos relacionados con la eficiencia, los costes y la pureza.

2.1.3.4 Transporte como Portador de hidrógeno orgánico líquido (LOHC)

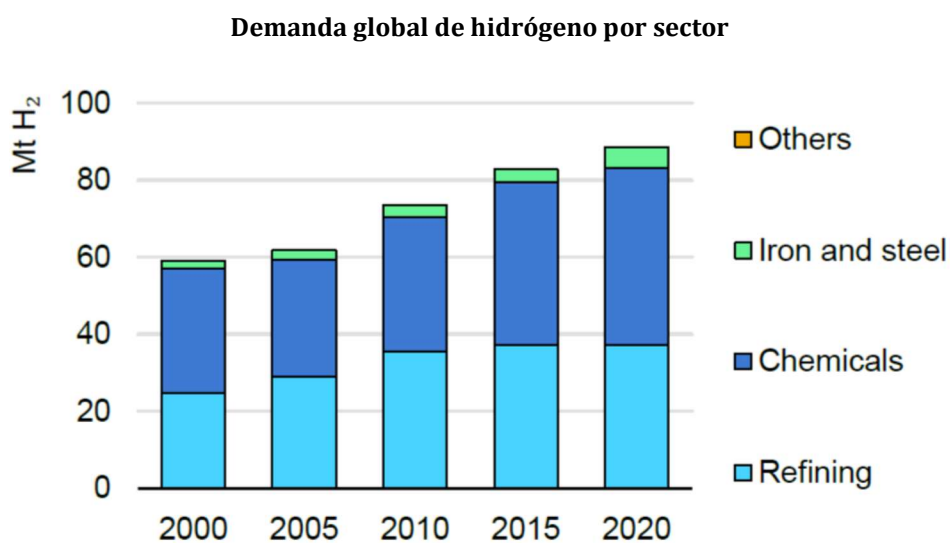
El hidrógeno también puede ser incorporado a una molécula orgánica, resultando en un portador de hidrógeno orgánico líquido con propiedades similares a derivados del petróleo, por lo que podría ser almacenado y transportado usando su infraestructura existente.

Para su extracción en destino, se utiliza la deshidrogenación, proceso de consumo energético elevado (alrededor del 35 – 40 % del insumo transportado).

Existen tecnologías desarrolladas para el comercio y conversión de amoníaco si se prevé su uso final en el país importador, aunque necesiten crecer en escala. En los casos de hidrógeno líquido y portadores orgánicos líquidos, los principales retos están sujetos tanto a la pérdida de energía por conversión como al nivel tecnológico de algunas fases.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS Y APLICACIONES POTENCIALES.

La demanda global se centra en dos sectores principales: refinería e industria. Entre ambos suman prácticamente la totalidad de esta (99 %). (90 Mt H₂/año en 2020) proviene exclusivamente del sector industrial, y su consumo tiene lugar en la industria petrolera (40 MtH₂/año), en la industria química (45 Mt H₂/año) y en el sector del acero (5 Mt H₂/año). Otros sectores de consumo de hidrógeno son el del transporte y el energético (generación de electricidad); no obstante, los insumos de hidrógeno en dichos sectores son minoritarios (IEA, 2021).



Fuente: TFG Modelado en Dinámica de Sistemas del Sector del Hidrógeno en la Transición Energética Universidad de Valladolid

Según la Estrategia Española del Hidrógeno, el desarrollo inicial del hidrógeno verde se centrará en usos industriales, en torno a clústeres o valles del hidrógeno. Se espera que los sectores que ya utilizan el hidrógeno como materia prima, principalmente el refino y los fertilizantes, sean los primeros en incorporar su producción y consumo, añadiendo progresivamente nuevos sectores como el metanol o el acero.

2.2.1 Hidrógeno como materia prima:

Industria Petrolera

La demanda de hidrógeno en la industria petrolera proviene de las refinerías de petróleo, utilizando el hidrógeno como materia prima, reactivo o fuente de energía en diferentes procesos para el refino del crudo. A nivel mundial, este proceso es el segundo mayor consumidor de hidrógeno en la industria.

A nivel europeo el sector de las refinerías es responsable del 50 % de la demanda total de hidrógeno, siendo Alemania su principal consumidor, seguido de Países Bajos y España (FCHO, Observatorio de Pilas de Combustible e Hidrógeno 2022).

Su uso se ha venido dando desde hace muchas décadas, con lo cual el reemplazo del hidrógeno gris por el hidrógeno verde será de mayor facilidad de implementación al no requerir infraestructura para esa sustitución.

En el caso de España, según el Estudio sobre la dimensión internacional de la visión española del hidrógeno del Real Instituto Elcano, el sector del refino se ha posicionado como pionero mundial en la producción y uso de hidrógeno renovable. Para 2030, todos los operadores del sector (Repsol, BP y Cepsa) esperan haber descarbonizado todo su consumo de hidrógeno, actualmente fósil. España cuenta con una de las flotas de refino más modernas de Europa tras las inversiones anticíclicas de 6.500 millones de euros realizadas por los principales actores del sector entre 2012-2015 en un momento crítico para el sector (AOP, 2018). De hecho, España es un exportador neto de productos refinados, equivalente al 7,5% de las exportaciones totales (Comex, 2023). Tras las inversiones de 2012-2015, las refinerías españolas modernizaron sus instalaciones para poder procesar más tipos de crudos con una mayor eficiencia.

Industria Química

Industria química pesada: **metanol**, **amoníaco**, polímeros y resinas son los mercados industriales primarios de mayor consumo de hidrógeno a nivel mundial.

A nivel europeo, los consumidores de hidrógeno en el sector mayoritariamente producen amoníaco, que es la base de los fertilizantes de origen mineral, sector que cuenta con alrededor del 70 % de la demanda global de amoníaco. También es utilizado en una amplia gama de aplicaciones industriales como explosivos o fibras sintéticas. Alemania, Países Bajos y Polonia son los principales productores. España es un consumidor minoritario.

El metanol es la segunda aplicación industrial más importante del hidrógeno. Este es utilizado para la producción de otros químicos, entre los que destaca el formaldehído, el cual es utilizado para la producción de resina utilizada en la construcción, automoción y en la producción de bienes de consumo. También es utilizado como combustible, bien de forma directa o tras conversión.

En el futuro, dado el desarrollo de la economía y el crecimiento de la población, la Agencia Internacional de la Energía espera que la producción global de amoníaco y de metanol aumente y por consiguiente la demanda de hidrógeno en el sector también (AIE, 2021).

Industria del Hierro y el Acero

El hidrógeno se utiliza en el proceso de recocido, el cual es un tratamiento térmico de procesado del metal. El sector del acero consume el 10 % del hidrógeno industrial en los procesos de reducción directa de hierro con arco eléctrico donde el hidrógeno, contenido en el gas de síntesis producido a partir de gas natural (NG), actúa como agente reductor.

La producción de acero vía arco eléctrico apenas supone un 7 % de la producción global de acero primario. Prácticamente el 93% restante se produce a través de la ruta tradicional de altos hornos que no utiliza hidrógeno y requiere de carbón, siendo en consecuencia muy intenso en emisiones de CO₂. Por este motivo, descarbonizar este sector es clave en la transición energética, abriendo paso al hidrógeno como agente reductor (AIE, 2021).

Otras industrias:

Muchas otras industrias utilizan hidrógeno, pero su cantidad es menor al 1% de la demanda de hidrógeno global. Aquí se incluyen a la manufactura del vidrio, hidrogenación de grasas alimenticias, materiales semiconductores, propelentes espaciales, etc

2.2.2 Hidrógeno para la producción de calor

El hidrógeno es un elemento químico que contiene más energía por unidad de masa que el gas natural o la gasolina, cualidad que lo hace atractivo como combustible. Por ello, en vías de la descarbonización se contempla utilizar el hidrógeno como fuente de calor para sustituir a las materias primas convencionales de producción de calor, la mayor parte de ellas procedentes de combustibles fósiles y emisoras de CO₂ (IEA, 2019).

2.2.3 Hidrógeno en el sector del transporte

Actualmente el consumo de hidrógeno en el sector del transporte es muy reducido (constituye el 0.01 % de la demanda global). Puesto que se trata de un sector que contribuye al 20 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, dada su dependencia con los productos derivados del petróleo, las oportunidades sostenibles para el hidrógeno se basan en su producción a partir de fuentes renovables y utilización en aquellas aplicaciones donde la electrificación resulte complicada (IEA, 2021).

Pero su uso va más allá de los vehículos ligeros, ya que va a ser esencial en la descarbonización del transporte pesado, el ferroviario, marítimo y de aviación, sectores en los que la electrificación no es, hoy por hoy, una solución técnicamente factible.

2.2.4 Hidrógeno en el sector eléctrico

El uso de hidrógeno en el sector eléctrico es prácticamente nulo en la actualidad, estando limitado a la generación de electricidad a partir de gases derivados de procesos industriales (sector del acero, refinerías, etc.) en los que el contenido de hidrógeno es muy elevado, y contribuyendo con menos del 0.2 % de la electricidad generada a nivel global. Existen dos formas de generación de electricidad a partir de hidrógeno; introduciéndolo en las turbinas de gas (mezcla con gas natural) o mediante pilas de combustible. Evidentemente, esta última vía con hidrógeno verde es la deseada en un marco energéticamente sostenible. (IEA, 2021)

Sin embargo, el objetivo principal del hidrógeno verde en el sector eléctrico no es generar electricidad sino aportar a la red eléctrica flexibilidad a modo de almacenamiento energético libre de emisiones, pudiendo proporcionar/absorber instantáneamente la potencia eléctrica requerida en cada momento a través de una pila de combustible/electrolizador.

En la literatura (Brear et al., 2020) surge el concepto power to gas (PtG), acepción utilizada **para referirse a la producción de un combustible gaseoso (por ejemplo, el hidrógeno) a partir de electricidad con objeto de almacenarlo y transportarlo en forma de gas comprimido, esta concepción del hidrógeno es la que comúnmente se conoce como vector energético** (Ares et al., 2019).

2.2.5 Aplicaciones de una pila de combustible de hidrógeno

1. Generación de energía de respaldo

Las pilas de combustible estacionarias se utilizan como parte de los sistemas de suministro de energía ininterrumpida (UPS), donde el tiempo de actividad continuo es crítico. Tanto los hospitales como los centros de datos buscan cada vez más el hidrógeno para satisfacer sus necesidades de suministro de energía ininterrumpida.

2. Generación de energía móvil

El hidrógeno ofrece opciones versátiles para la generación de energía móvil. De hecho, la NASA desarrolló algunas de las primeras pilas de combustible de hidrógeno para proporcionar electricidad a cohetes y lanzaderas en el espacio.

3. Transporte pesado

Las pilas de combustible cuentan con el alcance y la potencia necesarios para el transporte de larga distancia.

4. Transporte público

Los autobuses con pilas de combustible de hidrógeno se emplean ya en el transporte de pasajeros dentro de ciudades. Varias ciudades como; Madrid, Barcelona, Bizcaia, y Cordoba disfrutan de autobuses impulsados por hidrógeno.

5. Tren

Los trenes con pila de combustible de hidrógeno ya circulan por Alemania y Francia. Otros países como España, Gran Bretaña, Italia, Japón, Corea del Sur y Estados Unidos tienen proyectos en ejecución.

6. Vehículos industriales

Nueve de los principales fabricantes de automóviles están desarrollando vehículos eléctricos con pila de combustible de hidrógeno (HFCEV) para distribución local de mercancías. Renault y Toyota ya disponen de furgonetas impulsadas con pila de hidrógeno.

7. Logística de almacén

Docenas de empresas con grandes necesidades de almacenamiento y distribución están recurriendo a las pilas de hidrógeno para impulsar camiones limpios, carretillas elevadoras, transpaletas y más.

8. Aviones

Varios proyectos experimentales como los prototipos Pathfinder y Helios han explorado la aplicación de pilas de combustible de hidrógeno en la industria aeroespacial.

9. Vehículos Aerial no tripulados (drones).

Tanto la industria militar como la privada planean el uso de las celdas de combustible de hidrógeno en estos dispositivos.

10. Barcos y submarinos

Las pilas de combustible de hidrógeno se han abierto camino en una serie de aplicaciones marinas.

2.3 ESTADO DE LA LÍNEAS DE TRABAJO DE OTROS PAISES Y OTRAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Cada país y región está desarrollando su propia estrategia para aprovechar el potencial del hidrógeno como parte de la transición hacia una economía baja en carbono. Alrededor del mundo, en 2021 se habían promovido un total de 228 proyectos relacionados con la utilización de hidrógeno bajo en carbono, de los cuales 17 son del orden de gigavatios de potencia eléctrica (Hydrogen Council & McKinsey & Company, 2021). Estos proyectos se encuentran encabezados por Europa, donde se desarrollaran el 55 % de los proyectos anteriormente mencionados (Hydrogen Council & McKinsey & Company, 2021).

PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA

Noruega

En junio de 2020 se presentó la ‘Norwegian Government hydrogen strategy’, que no establece metas cuantitativas concretas más allá de garantizar la producción y consumo seguro de hidrógeno (con énfasis en la normativa de seguridad), desarrollando de forma acompañada el hidrógeno tanto para consumo interno como para exportación

Países Bajos

Publicó en abril de 2021 su ‘Government Strategy on Hydrogen’ como paso previo a la formulación de un Programa Nacional sobre Hidrógeno, dentro del marco establecido por el Acuerdo Nacional sobre el Clima, en el que se recogen los objetivos neerlandeses de reducción de emisiones para 2030 y las medidas necesarias para alcanzarlos.

Alemania

Aprobó su 'National Hydrogen Strategy' en junio de 2020, centrada en el hidrógeno renovable, con la posible contribución a corto plazo del hidrógeno azul (es decir, combinando la producción a partir de combustibles fósiles con la captura y almacenamiento de CO₂).

Portugal

Ha aprobado su 'Plano Nacional do Hidrogenio' en agosto de 2020. Sólo contempla la producción de hidrógeno renovable, con un gran centro de producción en el puerto de Sines, destinando parte de la producción para su inyección en la red gasista y otra parte a las exportaciones hacia el Norte de Europa.

Francia

Presentó en septiembre de 2020 su 'Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France'. Su objetivo es la producción de hidrógeno producido por electrólisis a partir de electricidad baja o nula en carbono, en particular procedente de renovables y nuclear, situando los electrolizadores lo más cerca posible del lugar de consumo.

Italia

Publicó en noviembre de 2020 su borrador de 'Strategia Nazionale Idrogeno', sin haber publicado por el momento un documento definitivo. Los principales objetivos son la instalación de electrolizadores y la penetración del hidrógeno en el mix energético, en particular en el transporte y mediante la inyección en la red gasista. Por tanto, no se trata de una estrategia exclusivamente de hidrógeno renovable pero sí muy enfocada al hidrógeno procedente de electrólisis.

Polonia

Es el tercer productor de hidrógeno de la UE, tras Países Bajos y Alemania y, por tanto, con infraestructura y presencia en la cadena de valor industrial. En noviembre de 2021 aprobó la 'Polish hydrogen strategy until 2030 with an outlook until 2040'. Su esquema es similar al de la estrategia de Hungría: combinación de hidrógeno producido por electrólisis (electricidad renovable generada mediante el recurso eólico marino o baja en carbono tomada directamente de la red) e hidrógeno basado en carbono, aunque aprovechando su

fortaleza en sub-sectores tales como la fabricación de autobuses propulsados con pilas de combustible.

República Checa

El objetivo de su estrategia es fomentar la electrólisis utilizando la electricidad de la red, fijando para 2030 un objetivo de producción de «hidrógeno bajo en carbono» de 97.000 toneladas anuales.

PAISES FUERA DE LA UNIÓN EUROPEA

Estados Unidos

Su objetivo es la neutralidad climática en 2050, con una apuesta decidida por el hidrógeno producido por electrólisis y, en particular, el uso de electricidad de origen renovable.

Japón

Se ha establecido una hoja de ruta del hidrógeno que se centra en la producción y el uso de hidrógeno a partir de fuentes de energía renovable y en la inversión en tecnologías de celdas de combustible para aplicaciones de movilidad y generación de energía

China

En marzo de 2022 publicó el Plan de Desarrollo a Medio y Largo Plazo para la Industria del Hidrógeno (2021-2035). A pesar de que el Plan no prioriza de manera suficientemente clara unas rutas tecnológicas sobre otras, sí considera el hidrógeno renovable como el único producido de forma climáticamente neutra. La mitad de la capacidad de producción a finales de 2023 estará en China según un estudio de la AIE.

Corea del Sur

La publicación del 'Hydrogen Economy Roadmap' (2019) supuso el establecimiento de objetivos para el año 2040 en ámbitos como la movilidad (producción de vehículos de pila de combustible, despliegue de autobuses o hidrogeneras) y la generación eléctrica. En los programas de I+D+i se priorizan claramente los vehículos de pila de combustible sobre los vehículos de baterías.

China y Corea del Sur cuentan con los mayores incrementos en relación al número de estaciones de repostaje de hidrógeno.

Las estrategias de Japón y Corea tienen evidentes puntos comunes: pretenden implantar una ‘economía del hidrógeno’ y este vector debe ser clave para la movilidad y la generación eléctrica.

Australia

Es uno de los líderes en la producción de hidrógeno a partir de energía renovable, con una hoja de ruta para convertirse en un exportador principal de hidrógeno verde. El país está invirtiendo en proyectos de producción de hidrógeno y en la exportación de este a mercados internacionales.

Canadá

Presenta un alto nivel de desarrollo en todas las etapas de la cadena de valor del hidrógeno, desde la producción (10% de la producción mundial) hasta el almacenamiento y la exportación, contando con más de 100 empresas y 2.000 trabajadores en el sector del hidrógeno, en nichos tales como los electrolizadores o las pilas de combustible.

Chile

Aprobó la ‘Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde’ en noviembre de 2020, que contempla como única vía tecnológica el hidrógeno procedente de fuentes renovables, fijando el ambicioso objetivo de 5 GW de capacidad instalada de electrólisis en 2025 y 25 GW en 2030.

LÍNEAS DE TRABAJO EN ESPAÑA:

La situación nacional viene caracterizada, para empezar, por las dos asociaciones del sector a nivel nacional: la Asociación Española del Hidrógeno (AeH2) y la Asociación Española de Pilas de Combustible (Appice). Ambas desarrollan una importante labor de difusión y de estrategia.

Les sigue la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE-HPC), lanzada y coordinada por la AeH2, que aglutina a más de 300 personas. Esta plataforma cuenta con el respaldo y la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad.

Otro actor relevante es el Centro Nacional del Hidrógeno (CNH), localizado en Puertollano (Ciudad Real), que cuenta con financiación tanto del gobierno de Castilla – La Mancha, como del Gobierno de España.

En lo que se refiere a centros de investigación, merece la pena destacar a diferentes universidades, CSIC, INTA y Ciemat, así como a centros privados como Cidaut, Tecnalia o Cidetec.

ESTADO EN LAS COMUNIDADES

Los grupos españoles tienen planes concretos para construir un total de **94 plantas de producción de hidrógeno verde antes de 2030**, con una potencia conjunta de electrolizadores (que ejecutan el proceso que permite separar las moléculas de hidrógeno del agua) de casi 17.200 megavatios (MW), según los últimos datos actualizados y recabados por la Cátedra de Estudios del Hidrógeno de la Universidad Pontificia de Comillas.

Hasta once valles del hidrógeno se han proyectado en España repartidos por Puertollano, Andalucía, Cataluña, Extremadura, País Vasco, Galicia, Castilla y León, Murcia, Aragón y también Mallorca, y en conjunto la inversión prevista de las iniciativas asciende a 21.900 millones de euros de cara al 2030, según el censo de la Asociación Española del Hidrógeno (AEH2).

Hasta diciembre de 2022, son cuatro las comunidades autónomas que cuentan planes de hidrógeno, cuyos objetivos específicos, combinados, ascendían a 1 GW de electrolisis para 2030. Además, estas estrategias incorporan objetivos específicos para el transporte y la industria, con diferentes aplicaciones prácticas en función de la matriz económica de cada región:

OBJETIVOS PARA 2030 DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO, TRANSPORTE Y USO INDUSTRIAL DE LAS ESTRATEGIAS DE HIDRÓGENO DE PAÍS VASCO, NAVARRA, COMUNIDAD VALENCIANA Y CASTILLA Y LEÓN

	Objetivos de producción	Objetivos en transporte	Objetivos en industria
País Vasco	Capacidad instalada de 300 MW de electrolizadores. El 100 por ciento del hidrógeno producido es de origen renovable. Producción anual de 2.000 toneladas de combustibles sintéticos.	Flota de 20 autobuses de hidrógeno y 450 vehículos de transporte de mercancías. Red de diez hidrogeneras de acceso público.	El 90 por ciento del hidrógeno consumido en la industria como materia prima es de origen renovable o bajo en carbono. El hidrógeno supone un 5 por ciento del consumo energético total del sector industrial.
Navarra	150 MW de potencia instalada de electrolisis.	Tres líneas de transporte impulsadas por la tecnología del hidrógeno, y un objetivo de 50 a 75 vehículos ligeros y pesados.	Objetivo de un 5 por ciento del total de sustitución del consumo de gas natural industrial a finales de 2030.
Comunidad Valenciana	Electrolisis de 350 MW para una producción de 30.000 toneladas de hidrógeno verde.	Suministro de hidrógeno renovable a 550 vehículos y explotación de doce estaciones públicas de hidrogeneras ("gasoline-ras" de hidrógeno). Dos líneas de trenes comerciales alimentadas con hidrógeno renovable.	Cubrir con hidrógeno renovable el 25 por ciento del hidrógeno consumido en la industria química, refino y cerámica.
Castilla y León	200 MW de potencia instalada en electrolizadores.	Seis autobuses de pila de combustible y 30 vehículos de transporte de mercancías. Cuatro hidrogeneras.	95 por ciento del hidrógeno producido para el consumo fuera de la región: exportación por vía férrea hasta el puerto de Gijón.

Fuente: Escribano G, Urbasos I, (2022) *La geopolítica del hidrogeno renovable en España: implicaciones internacionales y reconfiguración regional*, Panorama social, nº36.

País Vasco:

Busca fortalecer y renovar su industria local con un claro componente de desarrollo tecnológico.

Un proyecto impulsado por organizaciones públicas y privadas de Euskadi, con más de 70 asociados y una visión compartida: **ser medioambientalmente sostenibles (cero emisiones netas en 2050) manteniendo el peso del sector industrial en la economía.** El sector industrial vasco supone más del 25% del PIB, con sectores difíciles de descarbonizar (acero, vidrio, cemento).

Navarra

Apuesta por una sustitución paulatina del gas fósil, un 5 por ciento para 2030. Incluye una Agenda del Hidrógeno Verde en la actualización de su Plan Energético con horizonte 2030.

El Gobierno de Navarra y la empresa Nordex anunciaron la inversión de 30 millones en una nueva planta de producción de tecnología para la generación de hidrógeno verde. En primer lugar, está previsto que un equipo de ingeniería compuesto por alrededor

de 35 personas diseñe y teste los electrolizadores para, posteriormente, comenzar el despliegue industrial y el desarrollo de una cadena de suministro que contaría con proveedores de la región. Una vez el proyecto se encuentre en fase comercial y a plena capacidad, empleará a más de 150 trabajadores directos y habrá desplegado una inversión acumulada superior a 70 millones en los siguientes ocho años

Comunidad Valenciana

Cuenta con un protocolo de colaboración para el despliegue de la Estrategia Valenciana del Hidrógeno Verde, centrada en su producción a través de energía solar y eólica. Esta Mesa surge con la intención de coordinar los proyectos que las compañías están llevando a cabo, sirviendo además de marco para presentarlos a la convocatoria del Gobierno central para la financiación del fondo Next Generation UE. Esta Comunidad, con notable presencia de los sectores de refino y petroquímico, en torno a los centros industriales Valencia, Castellón y Sagunto, se centra en sustituir el consumo de hidrógeno convencional por hidrógeno verde.

La Comunidad Valenciana es la única en establecer objetivos específicos asociados al ferrocarril de hidrógeno.

En la Comunidad Valenciana es BP el que lidera la iniciativa, aprovechando la presencia de su refinería en Castellón y el vínculo con importantes consumidores electrointensivos como son las industrias cerámica y textil. HyVal es el nombre del clúster del hidrógeno con el que la región aspira a desarrollar capacidad de electrólisis antes de 2030.

El plan de BP pasa por sustituir el uso de hidrógeno gris en sus instalaciones por hidrógeno verde, que también será usado en la producción de biocombustibles para la aviación (SAF). **Los planes ya presentados suponen una inversión de hasta 2.000 millones en varias fases.** La Comunidad Valenciana también forma parte del corredor H2MED, para lo cual el anterior Gobierno regional de Ximo Puig formalizó con Enagás un convenio para la construcción de 450 kilómetros de hidrodutos por la región.

A estas estrategias se unen las de Aragón, las Islas Canarias y Andalucía, que no cuentan con objetivos específicos, pero sí con líneas maestras y planes de actuación diferenciados.

Aragón:

Aragón fue pionera con la publicación de sendas estrategias de hidrógeno en 2011 y 2016, esta Comunidad prioriza la integración de la región en el Valle del Ebro, identificando posibles redes de gas fósil convertibles a hidrógeno, ubicaciones para el almacenamiento

subterráneo y polos industriales de consumo final, así como el desarrollo de hidrogeneras (“gasolineras” de hidrógeno) y su uso en el proyecto de ferrocarril Canfranc-Pau.

Cuenta desde hace muchos años con la Fundación de Hidrógeno de Aragón. Se trata de un centro de investigación de carácter privado y sin ánimo de lucro cuyo fin último es el de promocionar el empleo del hidrógeno como vector energético, con el apoyo de la industria aragonesa y entidades de diferentes sectores de actividad. El proyecto ELY4OFF, explora el gran potencial de la producción de hidrógeno mediante electrolizadores de agua tipo PEM para lograr convertirse en una tecnología clave en el despliegue del hidrógeno y las pilas de combustible de hidrógeno. La iniciativa ha sido premiada con el National Energy Globe Award Spain 2020, un prestigioso galardón medioambiental de ámbito mundial que concede la fundación independiente austríaca Energy Globe.

La planta de producción en Aragón Enagás Renovable, Naturgy y el fondo Copenhagen Infrastructure Partners, junto a otros socios, invertirán 1.700 millones en poner en marcha en Andorra (Teruel) de una planta de producción de hidrógeno verde que generará 425 empleos directos y otros tantos indirectos.

El Valle del Hidrógeno del Ebro es una iniciativa público-privada con objetivos para 2030 que comprende el País Vasco, Navarra, Aragón y Cataluña, y que debe establecer una cadena de suministro de hidrógeno desde regiones con abundancia de renovables como Aragón hasta los clústeres industriales de Bilbao y Tarragona. El proyecto ha merecido el premio H2Valley of the Year Award otorgado por la Asociación del Hidrógeno Limpio, una organización público-privada única que apoya las actividades de investigación e innovación en tecnologías de hidrógeno en Europa.

Islas Canarias:

Identifican la generación de hidrógeno renovable como un vector clave para la descarbonización de los sistemas insulares aislados, principalmente como solución para el almacenamiento de la producción renovable excedentaria. También han surgido iniciativas público-privadas de carácter regional enfocadas a descarbonizar sectores específicos.

En Canarias se ha creado el Clúster Hub Hidrógeno Renovable Canarias, que cuenta con 27 socios, entre instituciones, empresas y organismos públicos, compañías privadas, centros tecnológicos e instituciones académicas. Está promovido por Grupo DISA y Enagás Renovable. El Gobierno regional ha anunciado 719,29 millones de inversión -pública y privada- hasta 2040 a través de su Estrategia Canaria del Hidrógeno Verde.

Andalucía:

No cuenta con objetivos específicos, pero sí con líneas maestras y planes de actuación diferenciados. La Consejería de Transformación, Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta publicó ya en 2016 la Estrategia del Hidrógeno en Andalucía en el ámbito de la RIS3, documento que recoge el potencial de la región y un plan de actuación para facilitar el desarrollo del hidrógeno en Andalucía. E incluso la Agencia Andaluza de la Energía está coordinando a todos los actores de la cadena del hidrógeno de la región para llevar a cabo las actividades que aceleren su puesta en marcha en un período corto de tiempo.

Concretamente en junio de 2023 la Consejería de Industria, Energía y Minas constituyó la Comisión de Participación de la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde cuyo objetivo es favorecer un ecosistema industrial en torno al hidrógeno renovable. Esta nueva Comisión está también cuenta con la participación de la Agencia Andaluza de la Energía, de otras consejerías con incidencia en este sector, asociaciones empresariales representativas de la cadena de valor, de la industria consumidora, de las universidades, así como de la patronal CEA y los sindicatos UGT y CCOO.

Los trabajos de la Comisión se centrarán, fundamentalmente, en identificar las necesidades y las oportunidades del sector del hidrógeno en Andalucía y abordar el diseño de la hoja de ruta que marcará los principales hitos e instrumentos para el crecimiento del sector con horizonte 2030.

Además, desde esta Comisión se propondrán iniciativas de formación o acreditación de competencias profesionales en torno a esta actividad y se participará en la valoración de la evolución y evaluación de las iniciativas puestas en marcha a través de la Alianza.

Asimismo, se ha acordado la puesta en marcha de seis grupos de trabajo a través de los que ya se está abordando la elaboración de un mapa de capacidades de la cadena de valor de hidrógeno en Andalucía, el desarrollo regulatorio en materia de instalaciones de hidrógeno, los mecanismos de financiación necesarios o el impulso de hubs de hidrógeno verde en Huelva, Campo de Gibraltar y Almería.

Cepsa está impulsando el Valle Andaluz del Hidrógeno Verde, el mayor proyecto de este combustible presentado en Europa, con una inversión de 3.000 millones de euros y la creación de 10.000 puestos de trabajo. La compañía está desarrollando la ingeniería básica de las iniciativas y la gestión de permisos para el inicio de la producción, en 2026, en su parque energético de Palos de la Frontera (Huelva) y, en 2027, en el de San Roque (Cádiz).

Cataluña:

Cataluña se posicionaría como la intersección del Valle del Ebro, el Corredor Mediterráneo y una posible ruta de tránsito hacia el resto de Europa si se construyera el Midcat. (Se trata de una interconexión gasista que constaría principalmente de un gran tubo de 225 kilómetros que iría desde los Pirineos para conectar las redes de España y Francia)

Por su parte, el ICAEN (Instituto Catalán de la Energía) dedica parte de su estrategia al hidrógeno y a la Mesa del Hidrógeno en la Transformación Energética de Cataluña en el marco del Pacto Nacional para la Transición Energética de Cataluña. Formada por administraciones públicas, entidades y empresas, ha generado una serie de documentos técnicos disponibles para consulta sobre el estado y potencial de esta tecnología, las posibilidades de inversión y diversas propuestas de acciones. Buscando canalizar los proyectos con posibilidades de acceso a los Fondos Europeos de Reconstrucción, se han propuesto diversas pruebas piloto y el desarrollo de un hub de hidrógeno, entre otros.

El Valle del Hidrógeno de Cataluña cuenta con 30 instituciones públicas y privadas. Las principales empresas energéticas del país, como Repsol y Enagás, han mostrado interés por este ambicioso proyecto.

Castilla La Mancha

Puso en marcha en diciembre de 2020 el Cluster del Hidrógeno Verde, con sede en Puertollano (que ya acoge la sede del Centro Nacional del Hidrógeno desde 2007). Cuenta con unas estimaciones del Plan Energético de Castilla-La Mancha Horizonte 2030, con un impacto que apunta a la creación de hasta 15.000 empleos.

También financia el Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible y desarrolla un proyecto innovador de producción de hidrógeno verde a partir de residuos agroindustriales

En Puertollano (Ciudad Real, Castilla-La Mancha) se va a instalar el mayor complejo de hidrógeno verde para uso industrial de Europa. Integrará una instalación solar fotovoltaica, un sistema de baterías de ion-litio y un sistema de producción de hidrógeno mediante electrólisis. El hidrógeno verde producido en la nueva instalación se emplea en la fábrica de amoníaco de Fertiberia en Puertollano.

Murcia

Cuentan con ambiciosa estrategia para la producción de hidrógeno descarbonizado en torno a los centros industriales clave de Cartagena.

El Ejecutivo murciano también ha liderado la puesta en marcha de un valle del hidrógeno verde en Escombreras. A través de una plataforma, se aglutinan 26 empresas vinculadas con la comunidad, entre las que se encuentran Enagás Renovable, Soltec, Primafrío, Engie y Estrella de Levante. Repsol, propietaria de la gran refinería junto a Cartagena, ya anunció en noviembre de 2021 la construcción de un electrolizador en una primera fase dedicada a la descarbonización de las empresas situadas en su entorno.

Madrid

La Comunidad de Madrid desarrolla un proyecto pionero de generación de hidrógeno verde con energía renovable y agua reciclada y un centro de excelencia del hidrógeno y biocombustibles para formación avanzada.

La Rioja

Declara de Interés Estratégico Regional el proyecto de Solarig para producir hidrógeno verde en el Polígono Industrial El Sequero.

La Rioja quiere entrar en el potente club del Corredor del Hidrógeno del Ebro, que conforman las comunidades de País Vasco, Navarra, Aragón y Cataluña, y del que quedó excluida en su día al no ser región fronteriza con Francia. En la reciente cumbre La Rioja-Navarra-Aragón, la delegación riojana se postuló como candidata a entrar en el plan con los argumentos de su emplazamiento en el eje natural del valle del Ebro, el interés de grandes empresas por promover inversiones de este tipo en la comunidad y una infraestructura de gasoductos.

Extremadura

Financiará proyectos del Programa Nacional de Reformas 2023, investigación industrial y desarrollo experimental realizados en colaboración público-privada.

Hydron, unidad de Anasol especializada en proyectos de hidrógeno verde, desarrollará una planta en Zafra (Badajoz), en Valdelagrulla, y otra en Los Santos de Maimona.

Asturias

Duro Felguera, Hunosa y Nortegas se han unido para desarrollar iniciativas de hidrógeno verde en la zona central de Asturias. Los proyectos se centrarán en la producción y almacenamiento. También hay planes para el transporte a gran escala mediante la inyección en la red de gas natural.

El proyecto Hydeal es el núcleo de este valle de hidrógeno del norte de España. Entre los participantes destacan ArcelorMittal, Enagás, Grupo Fertiberia y DH2 Energy.

Las CCAA también fomentan la colaboración público-privada y la transferencia del conocimiento hacia el tejido productivo, el sector público y la sociedad. Para ello, ofrecen apoyo a centros e institutos tecnológicos para desarrollar proyectos de innovación en colaboración con empresas en distintos ámbitos en el marco de la especialización inteligente.

En cuanto al transporte, todas las estrategias incorporan objetivos para la construcción de estaciones de servicio de repostaje de hidrógeno enfocadas a la descarbonización del transporte de mercancías, priorizando aquellas rutas de mayor volumen de tráfico

3. RECURSOS EN CASTILLA Y LEÓN Y VENTAJAS COMPETITIVAS

3.1 PRINCIPALES INDUSTRIAS PRESENTES EN CASTILLA Y LEÓN Y CAPACIDADES ENERGÉTICAS.

Sector Agroalimentario

El sector agroalimentario sitúa a nuestra Comunidad, en el tercer puesto a nivel nacional tanto en número de empresas como en facturación, que supone alrededor del 10 % del conjunto nacional y confirma el papel de esta nuestra región como gran potencia de la industria agroalimentaria, destacando las industrias cárnicas, lácteas y de alimentación animal. Además, Castilla y León tiene reconocidas unas 65 figuras de calidad entre Denominaciones de Origen, Indicaciones Geográficas Protegidas, Marcas de Garantía y Vinos de Calidad, lo que muestra la vocación por la excelencia de sus producciones agrarias.

Sector Automoción

Castilla y León es una de las regiones europeas más importantes en el sector de automoción y con un papel crucial en el sector a nivel nacional, tanto en términos cuantitativos como cualitativos. Más del 20% de la capacidad nacional para la fabricación de vehículos se encuentra en Castilla y León, contando con algunas de las plantas automovilísticas más productivas a nivel europeo.

Castilla y León cuenta, además, con varios parques de proveedores de automoción que engloba a las principales y más potentes empresas mundiales que han configurado un mapa de la industria automotriz puntero a todos los niveles.

Sector Químico-Farmacéutico

El sector Químico-Farmacéutico representa una de las actividades más dinámicas dentro de Castilla y León, región consolidada como una de las primeras en este campo. La región cuenta con unas excelentes infraestructuras de apoyo a la innovación que proporcionan los medios materiales y humanos necesarios para llevar a cabo proyectos de alto valor añadido en el sector químico, en buena parte debido a la larga e importante trayectoria del sector en la región.

La existencia de una amplia red de proveedores y clientes, ha desembocado en la constitución de un sector potente e innovador, puntero en todos los segmentos del mercado y que ha favorecido la llegada y permanencia de grandes y reconocidas multinacionales a la región.

Industrial y afines

Castilla y León es una región eminentemente industrial, con un tejido en este sector amplio y diversificado en el que, especialmente la industria media y ligera, destacan por su fiabilidad, competencia y modernidad. Así, sectores afines como las ingenierías, la fabricación de componentes, las materias primas, etc. encuentran en la región su ubicación idónea para establecerse y crecer, ya que la importancia del sector ha permitido crear una tupida red de clientes y proveedores que configuran un entramado industrial de primer orden.

Capacidades Energéticas.

Castilla y León es la región española que más energía produce, el 12% del total de la energía nacional frente a la que consume internamente, lo que favorece la comercialización exterior de su producción. Existe una notable diversificación energética y una clara apuesta regional por el desarrollo de las energías renovables, ocupando en el ámbito nacional los primeros puestos en implantación y generación de energías eólica, hidráulica y solar gracias a los recursos que la región posee. En términos eléctricos, la generación de electricidad procedente de energías renovables de Castilla y León es de media el 135% de su consumo de electricidad.

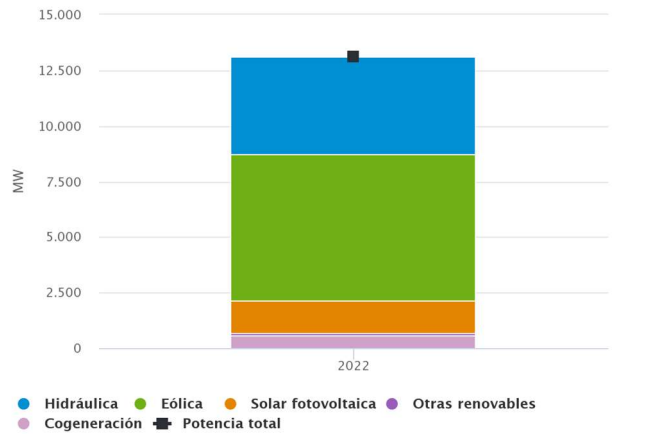
Particularmente, en términos de potencia instalada, Castilla y León cuenta con más del 13% del total nacional. También en términos de generación, Castilla y León es la región española que más energía eólica e hidroeléctrica produce.

3.2 EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS DE ENERGÍA RENOVABLE DISPONIBLES EN CASTILLA Y LEÓN.

La potencia eléctrica instalada en Castilla y León es íntegramente de origen renovable. Es la Comunidad con mayor potencia instalada renovable en España, alcanzando en 2022 un cómputo de 12.554 MW verdes, lo que representa el 95,6 % de su parque de generación. La eólica es la tecnología con mayor presencia en la región, ya que representa el 50,4 % del total, y la fotovoltaica es la que ha registrado el mayor incremento al aumentar un 39,1 %

su capacidad de generación respecto a 2021. De hecho, en ambos tipos de energía Castilla y León es la Comunidad autónoma que tiene el mayor peso en el total nacional.

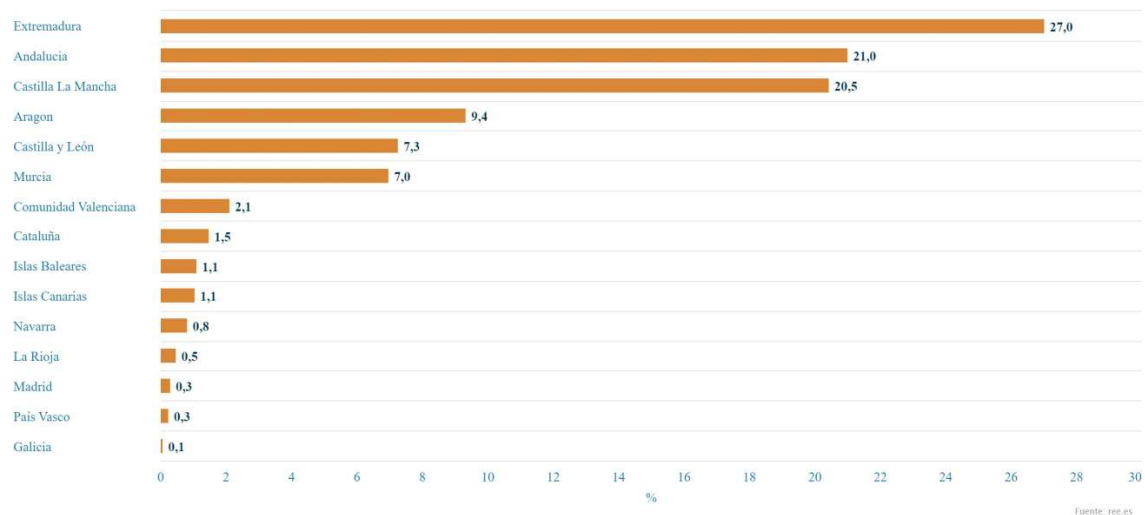
Potencia instalada renovable por tecnología/combustible (mw)



Fuente: www.ree.es

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

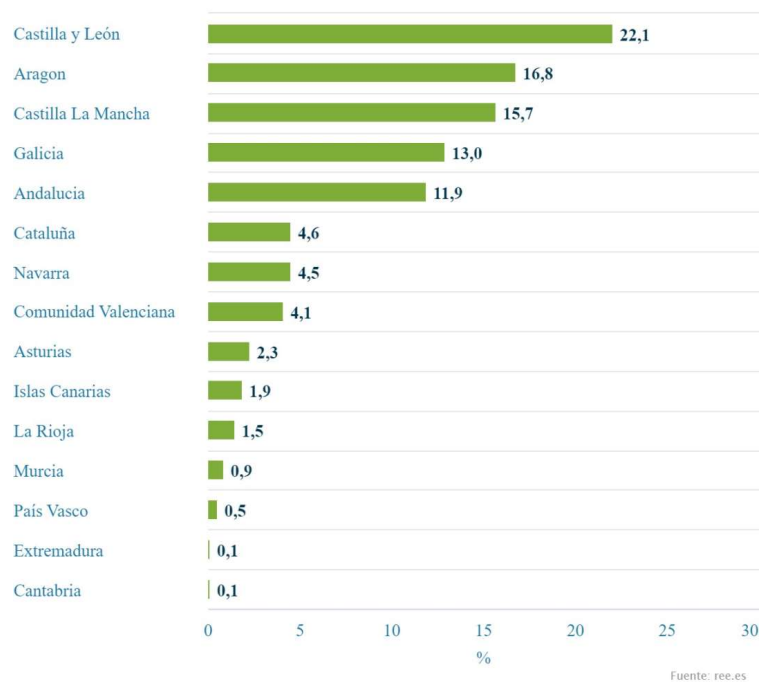
Castilla-León se encuentra en la 5ª posición en relación a la potencia solar fotovoltaica instalada, con un 7.3% de toda la potencia nacional.



Fuente: www.ree.es

ENERGIA EÓLICA

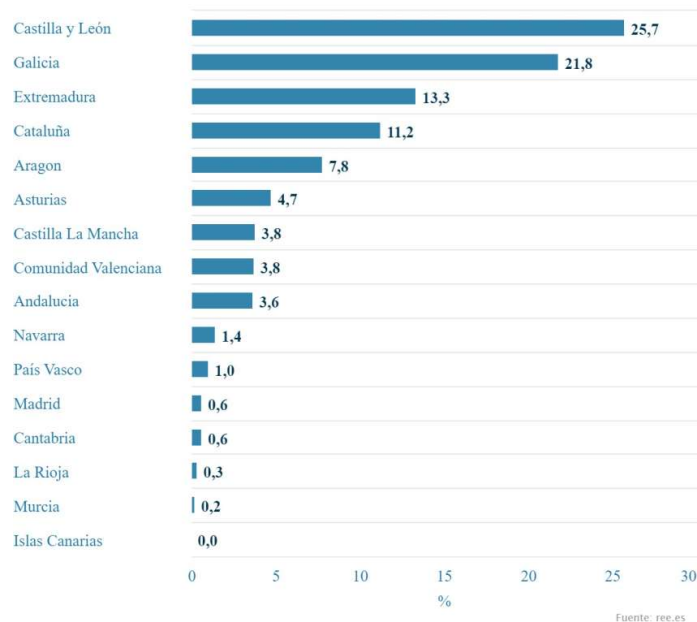
Castilla y León continúa siendo líder en potencia eólica instalada con un total de 6.617 MW, que representan el 22,1 % del total de la potencia eólica nacional. La eólica es ya la tecnología protagonista en la estructura de potencia instalada de cinco comunidades autónomas, empezando con Castilla y León donde representa el 50,4 %.



Fuente: www.ree.es

HIDRÁULICA

Castilla y León es la comunidad con más potencia hidráulica instalada con casi un 26 % de toda la potencia nacional, ya que alberga en exclusividad la cuenca del Duero.



Fuente: www.ree.es

La producción de Energía primaria total de Castilla y León, se sitúa en 2.004.447 tep, tonelada equivalente de petróleo (Datos de 2021), un 7,5 % del total de la producción de España, mientras que el consumo de energía final (tep) es de 5.829.186 tep. El aporte de Castilla y León es exclusivamente eléctrico.

Si bien en términos de generación y consumo de energía eléctrica, la generación es un 236% del consumo, cabe destacar que el alto consumo de gas natural y combustibles genera una balanza tremendamente desfavorable en términos energéticos, tanto para Castilla y León como para España, generada principalmente por la dependencia de la exportación de combustibles líquidos y de gas natural que en términos de consumo implican un 82% de la energía total consumida en Castilla y León, y un 77% para el total de la España Peninsular.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES INDUSTRIALES, Y DE INVESTIGACIÓN EN CASTILLA Y LEÓN.

3.3.1 Identificación de las capacidades e infraestructura industrial existente.

Castilla y León es una de las Regiones que más posibilidades tiene para ocupar un papel destacado en el desarrollo de este nuevo vector energético, principalmente por su excelente ubicación geográfica y por la existencia de una potente red de infraestructuras gasistas que pueden ser la base de la futura red de hidrógeno, además de una infraestructura industrial consolidada

LOCALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

La estratégica situación de Castilla y León, en el centro y norte de la península ibérica, y sus múltiples fronteras –es la comunidad española que limita con mayor número de otras comunidades, así como con Portugal- la convierten en un lugar perfecto para atender tanto el mercado nacional como el internacional, dada su proximidad a los puertos y nudos logísticos más importantes.

Además, la red de infraestructuras de Castilla-León está formada por una moderna y completa red de autopistas libres, múltiples nudos ferroviarios tanto de mercancías como de pasajeros, cuatro aeropuertos internacionales y varios puertos secos. Esta red incluye importantes puertos internacionales (Oporto, Vigo, Bilbao y Santander), todos ellos en un radio de 400 km.

Carreteras

Castilla-León cuenta con una moderna y eficiente red de autovías de 2.440 kilómetros, que permite la fluidez del tráfico con el resto de la Península Ibérica y Europa (la frontera francesa está a 150 kilómetros de Castilla-León). Como resultado, la mayoría de las capitales de provincia están interconectadas a través de esta red de alta capacidad. La mayor parte de la red de carreteras consta de kilómetros gratuitos y se mantiene periódicamente, lo que garantiza unas condiciones óptimas.

Entre las principales rutas comunitarias cabe destacar las siguientes:

A-1, desde el norte de Burgos hasta Madrid. Esta autovía conecta por el norte con Francia y Bilbao, y por el sur con las principales autovías españolas por Madrid.

A-6, que discurre por Castilla y León desde Madrid y llega a Galicia (Puerto de Vigo).

A-62 (Eje Transeuropeo), conecta las fronteras de Portugal y Francia.

La A-66, también conocida como Ruta de la Plata, se extiende desde el norte de León hasta el sur de Salamanca. Esta autovía conecta con Asturias por el norte y con Sevilla por el sur, proporcionando un cómodo acceso a los puertos de Avilés y Algeciras, respectivamente.

A-67, de Valladolid a Santander (Puerto).

Aeropuertos

Castilla y León cuenta con 4 aeropuertos: Villanubla en Valladolid, Matacán en Salamanca, Virgen del Camino en León y Villafría en Burgos. Los cuatro proporcionan a las empresas establecidas en Castilla-León los servicios necesarios para la comunicación aérea tanto de mercancías como de pasajeros. Los cuatro se encuentran a 15 km de sus respectivas ciudades, lo que garantiza un acceso fácil y eficiente.

Ferrocarril

Las principales provincias de Castilla-León están interconectadas por un sistema ferroviario que también conecta la región con las regiones vecinas y Portugal. La extensa red ferroviaria de Castilla-León comprende más de 3.000 kilómetros y gestiona una parte importante del tráfico ferroviario de media España.

En cuanto al transporte de mercancías, el sistema ferroviario mueve más de 3.200 toneladas diarias, aprovechando su posición estratégica como polo logístico en varias localidades de la región. En este sentido, el diseño del mapa ferroviario español otorga a Castilla-León el papel de articular y conectar el tráfico de mercancías entre las regiones del sur y del norte, particularmente a través de sus ramales hacia el noroeste (Galicia) y noreste (País Vasco, Cataluña y Francia).). Esto también facilita el acceso de estas mercancías a los principales puertos marítimos del país.

Disponibilidad de suelo industrial

Al ser la región más grande de España y la segunda más grande de Europa, la disponibilidad de suelo es muy alta. Pero, además, los casi 400 polígonos industriales que pueblan la Región ofrecen múltiples alternativas de asentamiento, todas ellas con la garantía de contar con equipamientos e infraestructuras modernas y eficientes. Por otro lado, esta enorme red de suelo industrial permite ofrecer precios muy competitivos en todos los casos.

INFRAESTRUCTURA DE GASEODUCTOS

Tal y como vimos en el apartado 2.2, una de las alternativas del uso del hidrógeno es el Blending, por lo que a largo plazo la red de gas puede reconvertirse al transporte de hidrógeno y facilitar la descarbonización de múltiples sectores de manera eficiente. Por ende, otra de las fortalezas de Castilla y León es su extensa red de transporte de gas natural que puede adaptarse para el hidrógeno renovable.

Enagás (operador del Sistema Gasista en España) presentan los siguiente tramos de gasoductos que podrían transformarse en hidroductos.

- Longitud de la Red de transporte de 1.370 Km de Alta Presión > 72 Bar. Tubería de acero al carbono de diámetros entre 4" y 30" de diámetro.
- Una estación de compresión (EC) en Coreses-Zamora con tres turbocompresores.
- Seis centros de transporte (CT) localizados en Zamora, Valladolid, Segovia, Soria, Burgos y León.
- Cincuenta y siete estaciones de regulación y medida (ERM).

INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL

Según la información del Directorio Central de Empresas (DIRCE), a de enero de 2022 había en Castilla y León 11.252 empresas industriales. Siendo el sector de alimentación el que encabeza el ranking, seguido de la metalurgia y fabricación de productos metálicos y las industrias manufactureras diversas. Castilla y León es la sexta comunidad en aportación a la cifra de ventas de productos de producción propia de la industria.

Número de empresas y locales Industriales por agrupaciones de actividad, 2022

Agrupaciones	Empresas			Locales		
	Número de empresas	% sobre el total	% Var. Anual 2021-2022	Número de locales	% sobre el total	% Var. Anual 2021-2022
Industrias extractivas y del petróleo	204	1,8	-2,4	335	2,3	-2,9
Alimentación, bebidas y tabaco	3.026	26,9	-0,6	3.823	26,5	-0,3
Textil, confección, cuero y calzado	546	4,9	-1,3	606	4,2	-0,2
Madera y corcho	688	6,1	-3,2	767	5,3	-2,2
Papel y artes gráficas	559	5,0	-1,1	614	4,3	-0,8
Industria química y farmacéutica	134	1,2	-5,6	221	1,5	2,8
Caucho y materias plásticas	128	1,1	1,6	182	1,3	2,2
Productos minerales no metálicos diversos	489	4,3	-1,4	714	4,9	-1,4
Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	1.948	17,3	-1,0	2.185	15,1	-0,8
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	111	1,0	-2,6	150	1,0	0,7
Maquinaria y equipo mecánico	272	2,4	-0,7	352	2,4	-0,8
Material de transporte	127	1,1	4,1	203	1,4	1,5
Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipo	1.464	13,0	-1,3	1.672	11,6	-0,6
Energía, agua y residuos	1.556	13,8	2,1	2.613	18,1	-0,1
Total	11.252	100,0	-0,7	14.437	100,0	-0,5

Fuente: CES

No obstante, por **divisiones de actividad**, las que más contribuyeron al total de las ventas de producción propia de la industria manufacturera en 2022 fueron *Alimentación* (30,7%) y *Vehículos de motor, remolques y semirremolques* (20,1%).

Los **productos manufacturados** de producción propia con mayor cifra de ventas en 2022 son los *Vehículos de motor*. Y es que Castilla-León es la región líder en fabricación de vehículos en España, lo que la convierte en una de las principales regiones del sector de la automoción en el continente. Con varias plantas OEM (Original Equipment Manufacturer) y múltiples proveedores en todos los niveles de la cadena de valor, Castilla-León cuenta con una infraestructura industrial sólida, avanzada e innovadora, que facilita la llegada de nuevos actores y les proporciona el soporte necesario para sus proyectos de inversión. Además, el equilibrio existente en este ecosistema favorece el desarrollo de proyectos tanto en los sistemas tradicionales de automoción como en los enfoques más innovadores y de futuro.

Por provincias, son Valladolid y León las que tienen el mayor porcentaje de locales industriales de la región, seguidas de Burgos. Soria por su parte, sigue siendo la provincia con menor porcentaje de empresas, aunque en términos relativos a su población, es una de las más industrializadas de Castilla y León.

EMPRENDIMIENTO EN CASTILLA Y LEÓN

Una de las variables más relevantes en cuanto a la medición del desarrollo de la actividad empresarial y el crecimiento económico de una región es su capacidad emprendedora. De acuerdo con el informe Global Entrepreneurship Monitor, la Tasa de Actividad Emprendedora (TEA) de Castilla y León se situaba en el 7,7 en 2019, 2,1 p. p. por encima del valor presentado en 2008, lo que implica un incremento del 37,5% en algo más de una década. Es por ello que Castilla y León se posiciona, junto con Cataluña, como las dos únicas comunidades autónomas que mejoran su índice en este periodo.

3.3.2 Análisis de la oferta formativa para la industria de hidrógeno.

Para trabajar con la tecnología del hidrógeno verde, es importante tener una formación y conocimientos sólidos en varios campos, las principales materias y áreas de especialización son las vinculadas a las carreras científicas y tecnológicas, de las que en Castilla y León tiene una amplia oferta, además la Universidad de Burgos cuenta con un **Máster de Formación Permanente en Tecnologías del Hidrógeno (Online)**

Por otra parte, en la formación profesional para el empleo no existen programas formativos adaptados a este sector, a continuación, enumeramos la oferta de Formación Profesional Reglada o Grados D y E, en la nueva Ley de Formación Profesional, que podrían tener cierta vinculación:

Títulos de Grado Básico:

- Electricidad y Electrónica
- Instalaciones electrotécnicas y mecánica

Títulos de Grado Medio:

- Instalaciones eléctricas y automáticas
- Soldadura y calderería
- Sistemas microinformáticos y redes
- Instalaciones frigoríficas y de climatización
- Mantenimiento electromecánico
- Instalaciones de producción de calor
- Planta química

Títulos de Grado Superior

- Automatización y robótica industrial

- Mantenimiento electrónico
- Sistemas de telecomunicaciones e informáticos
- Sistemas electrotécnicos y automatizados
- Centrales eléctricas
- Energías renovables
- Eficiencia energética y energía solar térmica
- Construcciones metálicas
- Mantenimiento de instalaciones térmicas y de fluidos
- Mecatrónica industrial

En cuanto a la oferta de Formación Profesional de Grado C- Certificados Profesionales- antes Certificados de Profesionalidad, la oferta es muy escasa.

3.3.3 Capacidades tecnológicas de I+D+i, Estado de las tecnologías del hidrógeno:

La I+D en Castilla y León ha tenido una evolución muy positiva en los últimos años, situándose la Comunidad Autónoma en el 5º puesto a nivel nacional desde 2016, sólo por detrás del País Vasco, la Comunidad de Madrid, Navarra y Cataluña.

Destaca especialmente el gasto ejecutado en I+D por el sector empresarial, concentrando el mayor gasto en I+D, alcanzando el 61% del total en 2021, seguido por la enseñanza superior, con un 31,21% del gasto total y, en último lugar, la Administración Pública, con un 7,77%.

En Castilla y León, la I+D+i se articula en la Estrategia Regional de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente (RIS3), donde en su Prioridad 5, programa la Energía como un área estratégica a tener en cuenta para modernizar las actividades productivas y para aumentar la competitividad de Castilla y León.

En concreto, la RIS3 de Castilla y León establece como ámbitos de actuación destacados, dentro del área estratégica de energía y sostenibilidad los ámbitos de actuación:

- (I) Gestión de la energía.
- (II) Eficiencia energética.
- (III) Energías renovables.

En este sentido, es de destacar que los ámbitos sobre gestión de la energía y eficiencia energética resultan transversales a todas las actividades del patrón de especialización de Castilla y León.

El Sistema de I+D+i de Castilla y León está conformado por centros de conocimiento (universidades, organismos públicos de investigación), empresas, administraciones públicas, organizaciones sin ánimo de lucro.

En el conjunto de las universidades públicas de Castilla y León hay un total de 26 Institutos Universitarios de Investigación reconocidos a través de la Ley Orgánica 6/2001 de 21 de diciembre.

Asimismo, es necesario destacar a las Oficinas de Transferencia de Conocimiento (OTC) de las universidades de Castilla y León y a las Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRI) como organismos de intermediación en el ecosistema universidad-empresa.

Dentro del Sistema de Ciencia y Tecnología, las empresas son un agente fundamental, ya que no sólo son capaces de producir conocimiento nuevo, en el caso de las empresas innovadoras, sino que permiten aplicar y trasladar al mercado los conocimientos generados por el resto de agentes dedicados a la investigación.

Según datos de la Oficina Española de Patentes y Marcas, en el año 2020, el número de solicitudes de patentes nacionales presentadas por residentes en España fue de 1.405. De esta cifra, 84 (5,9%) corresponde a Castilla y León, por detrás de Madrid (22,9%), Comunidad Valenciana (16,4%), Andalucía (14,4%) y Cataluña (13,2%), y por delante del País Vasco (4,9%).

Por otro lado, Castilla y León participa en diversos Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE), concretamente Castilla y León está implicada en ocho PERTE: VEC, Salud de vanguardia, Cadena agroalimentaria, Digitalización del ciclo del agua, Aeroespacial, ERHA, Economía circular y Nueva economía de la lengua.

En el ámbito de la Investigación científica relacionada con las directrices del Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, la región participa en tres Planes Complementarios:

Plan Complementario de Ciencia-Comunicación cuántica (año 2021),

P. C. de Ciencia-Energía e Hidrógeno renovable (año 2021)

P.C. de Ciencia-materiales avanzados (año 2022)

En este marco de actuación, la región de Castilla y León apoya al hidrógeno como futuro vector energético, clave para el desarrollo de la transición energética, participando en la

Plataforma Tecnológica de Especialización de hidrógeno S3P “European Hydrogen Valleys”.

Estado de las tecnologías del hidrógeno:

Según la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible en su Catálogo de Capacidades Tecnológicas 2022 se recogen las entidades y tecnologías de referencia que forman parte de la Plataforma y que componen la estructura del ecosistema de I+D+i del sector del hidrógeno en nuestro país, a este respecto las entidades o empresas que operan en nuestra Región son las siguientes:

Centro Tecnológico **CARTIF**: Este centro tecnológico trabaja en diversas áreas, incluyendo la eficiencia energética, la industria 4.0 y la movilidad sostenible.

AREA DE INVESTIGACIÓN:

- Modelado y simulación de soluciones de generación y uso del hidrógeno en un Sistema Energético integrado para su diseño, planificación a largo plazo y control avanzado.
- Banco de ensayos de tecnologías de hidrógeno aplicadas al entorno residencial.
- Desarrollo de catalizadores para producción de hidrógeno mediante reformado de biometano.
- Producción de biohidrógeno a partir de biomasa residual húmeda.
- Producción de biohidrógeno mediante cultivo de micro algas.
- Separación de mezclas de gases ($H_2/CH_4/CO_2$) utilizando contactores de membrana gas-líquido.

Grupo Antolín S.A.E. La innovación en esta empresa constituye un área transversal por lo que las actividades de I+D+i se desarrollan en cualquiera de los centros de la compañía y afectan no sólo a sus direcciones técnicas sino también a un amplio equipo de colaboradores externos.

AREA DE INVESTIGACIÓN:

- Pila de Hidrógeno de membrana polimérica (PEMFC)

Fundación **CIDAUT**: Se enfoca en la investigación y desarrollo en el campo de la automoción y la movilidad sostenible.

AREA DE INVESTIGACIÓN:

- Experimentación sobre sistemas electroquímicos basados en hidrógeno.
- Desarrollo de stacks y pilas de combustible para requerimientos de utilización específicos.
- Integración de H₂ y pilas de combustible en sistemas para la generación de electricidad con aplicación a los sectores de transporte, industrial y edificación.
- Diseño de sistemas de combustión de H₂ puro y mezclas de H₂ con otros combustibles para su aplicación en equipos térmicos y en motores térmicos.
- Desarrollo de procesos de síntesis NH₃ y su posterior craqueo.

HIPERBARICS.A.- High Pressure Technologies

Hiperbaric es una empresa burgalesa dedicada, desde el año 1999, al diseño, fabricación y comercialización de equipos industriales de altas presiones para el procesado de alimentos por altas presiones (High Pressure Processing, HPP). En 2020 lanzó, la tecnología de compresión de hidrógeno (hasta 1.000 bar), siendo actualmente el único fabricante español de compresores de H₂.

AREA DE INVESTIGACIÓN:

- Almacenamiento de H₂: Gas comprimido en depósitos.
- Infraestructuras de repostaje: Compresión, Almacenamiento, Dispensado. Gama de compresores de hidrógeno modulares, compactos, seguros y fiables a altas presiones (rango 200-1.000 bar). HPP.
- Industrial: Hidrógeno verde como materia prima.
- Energético: Almacenamiento de energía acoplados a la red eléctrica, inyección en la red de gas.

Universidad de Salamanca

Colabora con Petroleum, a través del proyecto Undergy, está centrado en la investigación de la viabilidad de conversión de yacimientos depletados de gas en almacenes de H₂ verde.

3.4 PROYECTOS EN CASTILLA Y LEÓN

En Castilla y León se han venido desarrollando diversos proyectos relacionados con el hidrógeno y las pilas de combustible. El desarrollo de estos proyectos ha tenido el apoyo del Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN). A continuación, se presentan los más destacados que se han desarrollado en la Comunidad, así como algunos de los que se desarrollan actualmente.

- AEROPILA: Sistema continuo de generación energética combinando energías renovables (eólica y fotovoltaica). La instalación se encuentra en el Parque Tecnológico de Boecillo – VALLADOLID. En operación desde el año 2005. Liderado por BESEL, ha contado con la colaboración de CARTIF, CIEMAT, CARBUROS METÁLICOS y ENERMAN
- HYCHAIN. Dedicado a nichos de mercado para aplicaciones de pila de combustible en sector transporte, En este proyecto participan 4 regiones europeas: Grenoble (Francia), Ruhr (Alemania), Lombardía (Italia) y Castilla y León (España).
- PILEREN: Demostración sobre la utilización de una pila de combustible en el sector residencial. Este proyecto se ha desarrollado en colaboración con el INTA (Instituto de Catálisis y Petroquímica del CSIC) y el EREN (Ente Regional de la Energía de Castilla y León). Fue el primer proyecto en España para demostrar la viabilidad de las pilas de combustible poliméricas (PEMFC) como generadores de energía térmica y eléctrica en una vivienda tipo.
- COPICO-GAS: "Desarrollo de un sistema de cogeneración doméstica con tecnología de pila de combustible". Este proyecto ha sido desarrollado de forma conjunta entre CIDAUT y PYGSUR (Grupo BITREBOL).
- REFORDI: "Desarrollo y construcción de un reformador diesel". Este Proyecto, se ha desarrollado en colaboración con el INTA, el Instituto de Catálisis y Petroquímica del CSIC y el AICIA (Asociación de Investigación y Cooperación Industrial en Andalucía). El CIDAUT ha participado en este proyecto en el diseño, construcción e integración de la cámara de mezcla, reactores, intercambiadores de calor y del sistema de control.
- AERO PILA (COLLOSA-CIDAUT): Desarrollo de un sistema piloto basado en tecnologías del hidrógeno que permita diferir en el tiempo la generación eléctrica eólica y su volcado a la red. En Castilla y León se realiza parte del proyecto europeo STORHY (Hydrogen Storage Systems for Automotive Application) en el que participan 31 entidades de diferentes países europeos. Este Proyecto está incluido dentro del Sexto Programa Marco. CIDAUT es el líder del WP4:"Crash Behaviour" y su principal tarea en el proyecto es la definición de los espacios de supervivencia en relación con el tipo de vehículo y el sistema de almacenamiento seleccionado.
- CIDAUT también participa en el WP2 del Subproyecto Safety Aspects and Requirements (SAR) cuyo objetivo es establecimiento de las bases para la definición de nuevos estándares en el programa de ensayos para el uso de sensores de hidrógeno en vehículos y estaciones de llenado.

PROYECTO EN CONSTRUCCIÓN:

Valle del Hidrógeno de Castilla y León (Garray, Soria)

Entidad: Redexis y Somacyl

Aplicaciones industriales y de movilidad.

PROYECTOS PLANIFICADOS

La Fase I del Censo de Proyectos de la Asociación española del hidrógeno (AeH2) ha logrado recabar los datos de 123 proyectos en toda España, que cubren toda la cadena de valor del hidrógeno, proporcionados por 46 entidades que son miembros de la AeH2. 19 de ellos se encuentran en Castilla y León.



Fuente: Censo de proyectos. Asociación Española del hidrógeno.

Proyectos en fase de planificación en Castilla y León.

BURGOS (3)

Iberlerma H2 - Sector industrial: Alimentación, neumáticos, vidrio y otros

Breve descripción del proyecto: es un proyecto de generación de hidrógeno verde cuya energía eléctrica se dedicará a la generación de hidrógeno verde para su venta a los polígonos industriales ubicados en las proximidades del emplazamiento.

El Cuartel I- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

El Cuartel II

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

LEÓN (1)

Robla Hub, S.L -Sector movilidad, transporte por carretera

El proyecto contempla la construcción de una planta de producción de hidrógeno renovable en los terrenos de la Central Térmica de La Robla. Se trata por tanto de una zona de Transición Justa. Consiste en una planta de producción de hidrógeno destinado principalmente a la industria en cualquiera de sus aplicaciones. Por otra parte, se contempla también el complemento con el uso en movilidad, para la descarbonización del sector transporte en la zona, y con la inyección en la red gasista.

SALAMANCA (3)

Salamanca 1

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

Monasterio- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

Salamanca 3- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

SORIA (1)

Soria- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

VALLADOLID (5)

Valladolid- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

La Fara- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

Barco Hornillos- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

La Morgada- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

Villafuerte- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

ZAMORA (6)

Zamora 1- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

Zamora 2- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

Zamora 3- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

Zamora 4- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Planta de energía solar y fotovoltaica de electrólisis.

Moreruela I- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto: Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

Moreuela II- Actividad principal: Producción

Breve descripción del proyecto. Desarrollo de una planta industrial de producción de hidrógeno verde mediante el proceso de electrólisis.

4. BARRERAS Y DESAFÍOS

Son más que evidentes los beneficios y oportunidades que se nos ofrecen a la hora de implantar una infraestructura basada en el hidrógeno verde, sin embargo, el propio Gobierno de España, la Unión Europea en su estudio *“Allanar el camino para la autorización de proyectos de hidrógeno en la Unión Europea: Obstáculos y recomendaciones”* e *“Informe de las mesas de redondas de la alianza sobre barreras y medidas de mitigación”* de Octubre 2023 de la European Clean Hydrogen Alliance. Así como diversas fundaciones y organizaciones de reconocido prestigio, Rupérez, M (2023), Escribano, G. y Urbasos, I (2023), Fundación renovables, Greenpeace, (2023), reconocen que existen una serie de obstáculos y desafíos, los cuales pasamos a detallar brevemente:

4.1 IDENTIFICACIÓN DE OBSTÁCULOS.

Obstáculos transversales

- Económicos:
 - Necesidad de reducción de los costes de producción del hidrógeno para hacerlo competitivo entre los combustibles actuales.
 - Incertidumbre acerca de las necesidades de mercado. (La demanda se mantiene todavía sin despegar. Los gobiernos calculan unos objetivos de 14 Mt, frente a los 27-35 Mt de producción previstos)
 - Falta de incentivos a las industrias que generen hidrógeno, mediante tasas, tarifas, apoyo a proyectos pilotos de iniciativa pública.
 - Ausencia de normativa específica y estándares de certificación, en materiales, sistemas de almacenamiento y distribución de hidrógeno.
 - Percepción social de riesgo, como consecuencia del desconocimiento general de las tecnologías de hidrógeno.
 - Falta de mercado nacional, al no existir la demanda esperada por los planes estratégicos establecidos previamente.
- Tecnológicos:
 - Ausencia de una infraestructura específica para el transporte, distribución y uso final del hidrógeno.
 - Actualmente, a nivel nacional o europeo, la tecnología de almacenamiento subterráneo de hidrógeno está poco desarrollada y apenas existen ubicaciones donde este tipo de almacenamiento se lleve a cabo.

- Existe cierto desconocimiento y limitaciones para disponer de un sistema de almacenamiento a gran escala, estable y sin fugas.
- Falta de hidrogeneras, lo que podría impedir la comercialización de vehículos.
- Escasez de empresas que fabriquen componentes para esta nueva tecnología.
- Falta de desarrollo de componentes auxiliares apropiados a la tecnología.
- **Trámites administrativos:**
 - Dificultades administrativas, ya que la producción de hidrógeno, está considerada como actividad industrial dentro del segmento de industria química.
 - Hay restricciones para situar estos electrolizadores en suelo que no sea calificado como industrial.
 - Dificultad de legalización de las instalaciones al existir gran disparidad de criterios y trámites.
 - Barreras a la autorización de proyectos.
 - Permisos complejos y poco claros, no armonizados.
 - Diferentes administraciones encargadas de la concesión de permisos.
 - Falta de requisitos bien establecidos.
 - Falta de experiencia de las autoridades nacionales.
 - Falta de personal.

Obstáculos en Castilla y León:

- **Recursos humanos:**
 - Pérdida y envejecimiento de la población.
 - Escaso impulso a la Formación profesional.
 - Aún no está definida ninguna formación específica, se necesita diseñar el perfil.
 - Aumento del teletrabajo, que permite vivir en la Comunidad, pero trabajar fuera de ésta, dificultad para retener y atraer talento nacional e internacional
 - Brecha entre conocimiento, investigación y formación, y necesidad del mercado. Dificultad para fijar talento

- Escasa percepción de facilidades y oportunidades para emprender, en todos los ámbitos, pero especialmente en la proveniente del mundo científico y universitario.
- Tejido empresarial:
 - Elevada dependencia de la industria de la automoción.
 - Riesgo de pérdida de competitividad al no afrontar la transición verde.
 - Falta de profesionales en las empresas, especialmente perfiles formados en nuevas tecnologías acorde a las demandas actuales de las empresas.
 - Bajo nivel de digitalización de las empresas.
 - Escaso escalamiento de las iniciativas tecnológicas.
 - Falta de conectividad en algunas regiones de la Comunidad.
 - Falta de cohesión debido a la dispersión territorial.
 - Falta de comunicación del atractivo regional para la retención y atracción del talento.
 - Escasa puesta en valor de los activos diferenciales de la Comunidad Autónoma.
- Los recursos hídricos en España son un factor clave el desarrollo socioeconómico de muchos sectores y territorios, y el buen estado de muchos sistemas ecológicos. Casi todas las proyecciones prevén una reducción de la precipitación en todos los ámbitos, siendo más acusada hacia finales de siglo. La reducción es más intensa en las demarcaciones hidrográficas del oeste y en las mesetas.
- El debate del desarrollo de las renovables y la agricultura, también está sobre la mesa. Hay diversas corrientes que alegan que las energías renovables pueden quitarle un espacio significativo al desarrollo agrícola en Castilla y León.

4.2 DESAFÍOS REGULATORIOS, TÉCNICOS Y ECONÓMICOS.

Algunos de los desafíos a los que se enfrenta nuestra Comunidad, son la falta de una infraestructura de distribución, la falta de fabricación a gran escala, los desafíos relacionados con los costes, así como la durabilidad, confiabilidad y disponibilidad de una cadena de suministro completa. A continuación, haremos un análisis detallado de los mismos.

DESAFIOS REGULATORIOS

Regulación actual del hidrógeno en España.

Es mucha la normativa que entra en vigor en las plantas de hidrógeno verde ya que son instalaciones complejas con varias partes, (generación de electricidad, planta industrial de electrolisis, almacenamiento químico de H₂, posible conexión a un consumidor directo o a la red de gas, ...). Por lo que el marco normativo de estas instalaciones estaría determinado, para la parte eléctrica, por la Ley 24/2013, del sector eléctrico y, para la parte gasista, por la Ley 34/1998, de hidrocarburos, particularmente en la redacción dada por el reciente Real Decreto-Ley 6/2022, por el que se adoptan medidas urgentes, en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania.

Por su parte, el Real Decreto 815/2013 de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002 de 1 julio, de prevención y control integrados de la contaminación, tiene el carácter de legislación básica y en su anejo 1 figura las categorías de actividades e instalaciones. Concretamente en el apartado 4.2 a) Instalaciones químicas para la fabricación de productos inorgánicos, recoge la producción del hidrógeno. Los establecimientos que disponen de este tipo de instalaciones están sometidos al régimen de autorización ambiental integrada.

En este apartado, tendría que existir la producción de hidrógeno por medio de procesos industriales, pero no tendría sentido incluir la electrolisis, ya que su incidencia ambiental es radicalmente diferente a otros procesos de tipo industrial y en todo caso mucho menor.

Regulación actual del hidrógeno Castilla y León

En nuestra Comunidad, La Junta de Castilla y León en junio de 2022, publicó la **INSTRUCCIÓN DGEYM/01/2022**, sobre tramitación de instalaciones para producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables y sus hidroductos:

1. La parte eléctrica, se considera que las instalaciones que generen la electricidad (típicamente fotovoltaicas), deben tramitarse en el marco del artículo 53 de la Ley 24/2013, con todas las autorizaciones administrativas correspondientes, y según el procedimiento que, en el ámbito de Castilla y León, establece el Decreto 127/2003 (o norma que le sustituya). En esta parte eléctrica se incluiría, en su caso, la línea directa de suministro al consumidor, o la línea de evacuación.

2. La planta de electrolisis de producción de hidrógeno, estará sujeta a la normativa de seguridad industrial que le corresponda (particularmente SEVESO), y, en su caso, a la normativa ambiental que aplique (particularmente Autorización Ambiental Integrada y/o Evaluación de Impacto Ambiental).

3. El hidroduto, si es para suministro exclusivo de un consumidor, o es de conexión a la red de gas natural, tendrá la consideración de línea directa, siendo aplicable el artículo 78 de la Ley 34/1998, en su redacción dada por el Real Decreto-Ley 6/2022, y requerirá las correspondientes autorizaciones administrativas, tramitándose según el procedimiento recogido en el Real Decreto 1434/2002, y con la tramitación ambiental que le corresponda, con las particularidades (establecidas en el citado artículo 78) que queda excluido de la aplicación de las disposiciones en materia de expropiación y servidumbres, y que precisará de informe vinculante del Gestor Técnico del Sistema. La titularidad será del consumidor o del productor del gas renovable.

En el caso de hidrodutos para suministro por canalización a usuarios finales, no conectados al sistema gasita (canalizaciones aisladas), se regulan en la disposición adicional trigésimo octava, que indica el mismo tratamiento que las anteriores, con las particularidades que, en este caso, se declaran de utilidad pública, a los efectos de la expropiación forzosa; y que, cuando la presión máxima de diseño sea superior a 16 bar, la tramitación requerirá informe preceptivo y vinculante de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica, y la autorización requerirá informe previo preceptivo de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Adicionalmente, si son electrolizadores alimentados por la red eléctrica será necesario informe vinculante del Operador del Sistema Eléctrico.

En cuanto a la tramitación de estas instalaciones, se considera conveniente mantener la unidad del expediente siempre que sea posible, y que la información pública se realice conjuntamente en una única publicación, a todos los efectos que precise el expediente (autorización administrativa previa, autorización ambiental integrada, evaluación de impacto ambiental, SEVESO, hidroduto, ...).

La Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, en su artículo 6 establece que los órganos administrativos podrán dirigir las actividades de sus órganos jerárquicamente dependientes mediante instrucciones y órdenes de servicio.

- **BARRERAS REGULATORIAS:**

Actualmente, el despliegue de proyectos de hidrógeno se encuentran enmarcados dentro de una reglamentación en constante cambio y/o poco coherente, sin ninguna certeza sobre el momento obligatorio de expedición de los permisos.

No existen distinciones regulatorias que diferencien el hidrógeno en función del método de producción empleado, límites claros de producción, o simplemente el objetivo de dicha producción, sin reflejarse por tanto la posibilidad de emplearlo como vector energético.

La producción de hidrógeno hasta la fecha ha estado ligada a procesos químicos, a menudo asociados a una producción de origen fósil. Es por ello que falta un marco regulatorio específico y personalizado para la producción, transporte, almacenamiento o uso de hidrógeno limpio (para todo el proceso o para subprocesos específicos).

El marco legislativo actual no refleja su valor para la transición energética y la descarbonización de sectores difíciles de modificar.

La situación actual del marco legislativo del hidrógeno tiene un impacto particular en los usos finales del hidrógeno para los compradores no convencionales que ahora se están desarrollando. Por ejemplo, se traduce en la ausencia de procedimientos de autorización específicos para el uso de hidrógeno en la aprobación de estaciones de servicio de hidrógeno (HRS) o para la entrada en servicio de flotas propulsadas por hidrógeno (trenes, autobuses, etc.), o en la mezcla de hidrógeno.

De hecho, en seno de la Comisión Europea, se está intentando rebajar las exigencias para que la producción de hidrógeno sea admisible con un origen no renovable. Es decir, se podría dar apertura al hidrógeno de origen nuclear o incluso su producción con captura de carbono asociada con gas natural. Esta nueva propuesta, en periodo de alegaciones y pendiente de la aprobación por el Parlamento y por el Consejo Europeo, pone en riesgo la aceleración de la transición energética y abre las puertas al mantenimiento de un sistema energético dependiente del gas natural y la nuclear. Fundación Renovables, (2023)

Las nuevas aplicaciones y usos del hidrógeno son relativamente nuevos, lo que en ocasiones deja obsoleta la planificación local del uso del suelo. Muchos municipios aún no han considerado el hidrógeno en sus planes urbanos, lo que ralentiza el proceso de obtención de permisos. En otros casos, no se puede llevar a cabo tal desarrollo a menos que haya disponibilidad de terreno industrial adecuado en la ubicación adecuada.

En consecuencia, el marco para la autorización de proyectos de hidrógeno es inexistente, incluida la falta de autoridades específicamente designadas, definiciones claras de hidrógeno u organismos de permisos pertinentes.

- **Trabas administrativas.**

En algunos casos la aplicabilidad y el cumplimiento de la legislación medioambiental existente (Directiva sobre emisiones industriales, Directiva marco sobre el agua, etc.) dentro del marco regulatorio para la autorización de proyectos de hidrógeno son poco claros o inconsistentes.

Los procesos de obtención de permisos involucran no sólo a las administraciones de los gobiernos centrales sino también a las autoridades regionales o locales. La legislación y normas inexistentes o obsoletas tienen un efecto dominó en los niveles inferiores de la administración.

España está experimentando dos cuellos de botella asociados a la falta de capital humano cualificado. Por un lado, muchas empresas, en particular pymes, no pueden beneficiarse de los generosos fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia debido a la falta de personal cualificado en los sectores público y privado para realizar los trámites administrativos. Esta falta de personal cualificado no sólo afecta al desarrollo de los proyectos a corto plazo, sino que también puede ralentizar el desarrollo de los proyectos en el futuro, cuando la demanda de mano de obra cualificada sea mayor. Escribano, G. (2023).

- **Fiscalidad de la energía:**

En el seno de la Comisión se ha llevado a cabo la revisión de la Directiva 2003/96/CE21 donde se recoge la fiscalidad de los productos energéticos y la electricidad, las conclusiones son que esta norma está obsoleta y no refleja el marco de las políticas en materia de clima y energía, ni está en línea con los objetivos de reducción de las emisiones de GEI y de que la UE sea climáticamente neutra en 2050.

Sus principales debilidades son:

- Los tipos impositivos no están ligados a su contenido energético o impacto ambiental.
- No ha acompañado la evolución del sector energético y los consumidores finales en materia de penetración de energías alternativas, como los biocombustibles más limpios y sostenibles, o el hidrógeno.
- Su diseño y estructura no fomentan la eficiencia energética o la inversión para la innovación en tecnologías limpias y energías sostenibles.
- El valor real de los tipos mínimos se ha erosionado con el tiempo por la inflación.
- Ha proliferado un mosaico de exenciones y reducciones, que en la práctica no desincentiva el uso de combustibles fósiles, ni existe igualdad de condiciones en el mercado único.

Por su parte el Estudio sobre el tratamiento regulatorio de los proyectos que incorporan tecnologías del hidrógeno concluye que en la actualidad, existe una falta de homogeneidad en materia de fiscalidad energético ambiental en la UE, situándose España entre los países con una recaudación más baja de impuestos verdes con relación al PIB. Además, en nuestro país existe cierta descoordinación entre el Estado, las Comunidades Autónomas y las entidades locales, lo que da lugar a una pluralidad tributaria que resulta en una gran presión fiscal.

DESAFÍOS TÉCNICOS

- **Normas técnicas:**

En la Directiva sobre emisiones industriales, los electrolizadores se clasifican como instalaciones de emisiones industriales. Esto conlleva procedimientos de autorización mucho más largos y obligaciones adicionales. Además, la directiva no distingue entre instalaciones de distintos tamaños ni entre distintos procesos de fabricación lo que da lugar a procesos muy largos y costosos para electrolizadores muy pequeños.

Los plazos de aprobación son demasiado largos en algunos casos duran más de 2 años.

Al tratarse la producción del hidrógeno como actividad industrial, esta consideración restringe la construcción de este tipo de infraestructuras en suelo no calificado como industrial. Sin embargo, parece lógica su construcción cerca de plantas fotovoltaicas, parques eólicos y estaciones de servicio ubicados en suelo urbano o incluso en edificios para su uso como autoconsumo.

- **Distribución y almacenamiento del hidrógeno:**

El transporte de hidrógeno, al igual que su almacenamiento, supone una gran barrera para el desarrollo de este vector, debido a dos de las propiedades físicas de esta molécula: su pequeño tamaño y su baja densidad. Por ello, es necesario realizar una compresión de 100 a 700 bares o la licuefacción a un punto de ebullición extremo de -253 °C a fin de aumentar su densidad energética volumétrica para poder almacenar y transporte grandes cantidades.

En este sentido, los métodos actuales de almacenamiento en **gas comprimido y líquido criogénico** presentan algunas desventajas como un alto consumo de energía, que dificulta el uso de hidrógeno en aplicaciones como los vehículos de pila de combustible y el almacenamiento de energía.

Por otro lado, atendiendo a los combustibles fósiles, como ya se ha expuesto, la sustitución total o parcial del gas natural por hidrógeno para combustión tiene su máximo exponente en el fenómeno denominado "blending". Sin embargo, España dispone de una capacidad de regasificación de gas natural licuado que no puede utilizar para contribuir a la seguridad energética europea por la falta de una interconexión suficiente con Francia y de su prolongación hacia el resto de Europa. Esta situación dificultaría el tránsito de hidrógeno a través de gasoductos readaptados o de nuevas infraestructuras específicamente diseñadas para este fin, teniendo en cuenta las insuficientes interconexiones de gas a través de los Pirineos (Escribano, G. 2021).

Grandes proyectos e infraestructuras como H2Med ya se enfrentan a la oposición de actores relevantes de la sociedad civil que dudan de sus beneficios ambientales, económicos y sociales (Fundación Renovables, 2023). Para esta Fundación, el Gobierno de España, (con ENAGÁS y el sector energético tradicional), apuestan por la sobreproducción de electricidad renovable con el fin de producir y exportar hidrógeno. Para ellos esta situación pone en entredicho el deber de democratizar un sistema energético en el que se apueste de forma prioritaria por la generación cerca del consumo y no por un sistema de grandes centrales e infraestructuras como continuidad del modelo actual. A los exportadores potenciales, como España, les interesaría atraer las actividades industriales con un uso intensivo en hidrógeno verde en lugar de exportar directamente el hidrógeno. La ubicación de instalaciones industriales cerca de la producción de hidrógeno renovable crearía un mayor nivel de valor añadido en el territorio, incentivando políticas industriales asociadas al hidrógeno que aprovecharan esta ventaja competitiva.

A este respecto el Gobierno, en junio de 2023, preveía que esta interconexión millonaria de hidrógeno estará infrutilizada en 2030. Ya que Transición Ecológica presentó un plan de producción de hidrógeno verde para el final de esta década donde se reflejó que dicha producción previsiblemente estará sustancialmente por debajo de los dos millones de toneladas de capacidad anual que espera transporte el H2Med.

Por su parte, el ámbito de aplicación del Reglamento de Almacenamiento de Productos químicos, no se ajusta a las necesidades de almacenamiento de hidrógeno para instalaciones de edificios de uso residencial o terciario que podrán surgir, en caso de que desarrolle la utilización de pilas de combustible para cubrir parte de la demanda de energía eléctrica o de climatización de los edificios.

- **Rendimiento energético:**

En relación al uso del hidrógeno como sustituto de la electricidad el problema es que la eficiencia del ciclo completo (Electricidad-->electrolizador--> Almacenamiento de H₂ -->pila de combustible-->electricidad) es inferior al 25%. Lo cual quiere decir que el 75% de la energía que se pretende almacenar se pierde por el camino. Rupérez, M (2023)

- **Componentes.**

También se ha remarcado las dificultades en las que se están viendo los proyectos por parte de los fabricantes, en términos de falta de garantías de los electrolizadores o de experiencia reseñable de operación de los equipos, por parte de los fabricantes, lo cual genera incertidumbre en la durabilidad y rendimiento a largo plazo de los equipos, riesgos que están ralentizando algunos proyectos. Rupérez, M (2023)

Gran parte de las materias primas en la cadena del hidrógeno dependen de China y la oferta existente no es capaz de cubrir la demanda actual, y mucho menos lo será ante su desmesurado crecimiento en los próximos tiempos.

Los electrolizadores y pilas de combustible cuentan con componentes fabricados con metales preciosos, como el platino, y la construcción de los sistemas de almacenamiento y transporte necesitan grandes cantidades de acero, producido en gran medida por países en vías de desarrollo y utilizados en infinidad de procesos industriales. También se debe considerar que el mayor productor mundial de placas solares es China y que no es capaz de cubrir la demanda creciente.

- **Agua:**

El patrón irregular de precipitaciones del clima mediterráneo implica que el consumo de agua para proyectos de hidrógeno puede entrar en competencia directa con el consumo agrícola en determinadas regiones de España durante épocas concretas de sequía, que se prevé que se intensifiquen en un escenario de calentamiento global de +2°C (Roudier *et al.*, 2016). Muchas de las regiones con mejores recursos solares son también productoras de agricultura de regadío intensivo, a veces con patrones de consumo de agua poco sostenibles. En las zonas costeras, la desalinización del agua puede ser una solución viable, teniendo en cuenta su bajo impacto en los costes de producción de hidrógeno: 0,02 dólares de hidrógeno por kg (Khan *et al.*, 2021).

DESAFÍOS ECONÓMICOS

El coste de producción del hidrógeno verde es de alrededor de 4,5 euros/kg H₂, dependiendo de la ubicación. Los costos de producción tendrían que bajar alrededor de 2

EUR/kg H₂ para competir con hidrógeno producido a partir de Combustibles convencionales (hidrógeno gris).

Los principales retos se centran en la complejidad que supone su almacenamiento y transporte. Los métodos actuales de almacenamiento en gas comprimido y líquido criogénico presentan algunas desventajas como un alto consumo de energía, que dificulta el uso de hidrógeno en aplicaciones como los vehículos de pila de combustible y el almacenamiento de energía. Estas condiciones hacen del transporte nacional e internacional de hidrógeno un proceso caro e ineficiente.

Por otra parte, el momento económico no es el más idóneo para el desarrollo de nuevos proyectos. Se enfrentan a costes crecientes, como alta inflación y elevados tipos de interés. Estos se suman a los ya de por sí altos del inicio, poniendo en riesgo la rentabilidad a largo plazo. La Agencia Internacional de la Energía estima que un aumento del 3% en el coste del capital, representa un 30% en el coste del hidrógeno.

El incremento de los costes financieros y del equipamiento -principalmente el coste de los electrolizadores- está poniendo en peligro proyectos y rebajando el impacto del despliegue de las ayudas públicas que están poniendo sobre la mesa tanto Europa como Estados Unidos, según se desprende del informe anual sobre el hidrógeno elaborado por la Agencia Internacional de la Energía.

Varios proyectos han revisado al alza sus estimaciones de costes iniciales hasta en un 50%, según la Agencia. Las presiones inflacionistas han coincidido con una reciente caída de los precios del gas natural, especialmente en Europa, y con interrupciones en la cadena de suministro que han afectado a los plazos de los proyectos.

Esto significa que la financiación pública anunciada servirá para apoyar un menor número de proyectos de lo que cabía esperar anteriormente, ya que se necesita una mayor inversión para cerrar la brecha de costes entre los proyectos de bajo coste de hidrógeno de bajas emisiones y el hidrógeno basado en combustibles fósiles.

Actualmente la competencia del hidrógeno con el gas natural para combustión a los precios actuales del gas es muy mala ya que el hidrógeno verde es mucho más caro que el gas natural para esa función. Rupérez, M (2023)

Considerando que la mayor parte de sus aplicaciones están lejos de la rentabilidad, los proyectos dependen de la disponibilidad de financiación o subvenciones públicas. Y al ser estas limitadas, existen multitud de proyectos en periodo de análisis, constatando que no

hay rentabilidad, y a la espera de subvenciones o de cambios en el mercado de los fósiles que los hagan rentables. Esta es la razón principal de la lenta evolución de los proyectos anunciados.

Merece la pena recordar que el hidrógeno está en sus inicios como tecnología en industrialización, y a pesar de la altísima expectativa, una nueva tecnología no suele ser rentable en sus inicios, por lo que no es candidata a inversión privada directa en solitario. Gran parte de las expectativas se basan en inversores que desconociendo la tecnología creen que está en rangos de rentabilidad, cuando no es así. Y estos mismos se encuentran con decepciones cuando realizan los números de sus propios proyectos, al constatar que no suele existir rentabilidad sin subvención en la mayoría de los casos.

Por tanto, el volumen y la dirección que adquiera el sector lo va a definir el sector público a través de subsidios o subvenciones, que, muy probablemente, no va a tener limitaciones presupuestarias, en función de los proyectos actuales. Un problema añadido será la financiación pública de proyectos que nunca alcancen la viabilidad empresarial, al carecer los organismos públicos de la capacidad de análisis de mercado necesaria para hacer predicciones fiables, en un escenario de desarrollo incipiente del sector.

Además, según la Agencia Internacional de la Energía, la creación de demanda va a un ritmo mucho menor que los objetivos de producción. Según sus datos: “Los compromisos gubernamentales para la producción de hidrógeno de bajas emisiones alcanzan los 35 millones de toneladas en la actualidad, sin embargo, la demanda no supera los 14 millones de toneladas. Por tanto, las medidas de los distintos gobiernos, la cooperación internacional y la colaboración del sector privado en el lado de la demanda, con pequeños acuerdos de compra no vinculantes, no están siendo suficientes para igualar los objetivos de la producción”.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE DESAFÍOS LABORALES, NUEVOS RIESGOS PARA LA SALUD.

4.3.1 Desafíos socio-laborales.

La Comisión Europea calcula que cada billón de inversión en hidrógeno verde creará 20.000 puestos de trabajo a lo largo de la cadena de suministro: producción, transmisión, almacenamiento y utilización. También se estima que la economía del hidrógeno verde podría crear hasta 5,4 millones de puestos de trabajo en la UE de aquí a 2050, de los cuales

aproximadamente un tercio de los nuevos empleos estarían asociados únicamente a las pilas de combustible. Esta cifra casi triplica el número de empleos en la industria química de la UE.

No obstante, a pesar de que sí que se podrán generar oportunidades de empleo, también se perderán muchos puestos de trabajo de la cadena de los combustibles fósiles.

Es por ello que tanto para los nuevos empleos, como para aquellos que se tengan que adaptar, es necesario que se aborde la formación, la generación de empleo y el cambio climático de forma integral.

El cambio energético, junto con la pandemia de COVID, han puesto en evidencia la falta de personal cualificado para realizar la transición energética al ritmo deseado. Con menos personas que reciban la formación técnica adecuada, se prevé que aumente la brecha entre la demanda y la oferta.

Será necesario desarrollar programas académicos y empresariales completamente nuevos para la educación, la acreditación y la formación profesional. En otros casos, será esencial mejorar o reciclar la mano de obra existente.

A este respecto en el foro sobre Transición Justa y el Sector Energético, una iniciativa conjunta de la CSI, LO Norway e IndustriALL Global Union, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Existe falta de participación de la representación de los trabajadores de las empresas inversoras.
- El impacto que puede tener en el empleo, son cifras muy inestables, muy volátiles.
- Sobre todo, coinciden en que la transformación productiva precisa altas capacidades formativas que aún no se han planificado. La cualificación es muy necesaria, no solo en la industria propia de planta sino también en la distribución, y en todas las fases posteriores.
- Existe preocupación en cuanto a las nuevas condiciones de trabajo y nuevos riesgos laborales.
- Diferencian entre las transformaciones en complejos industriales ya existentes como refinerías, con las de nueva creación, suponiendo que las condiciones laborales en general serán mantenidas en la primeras y empeorarán en las segundas. Por lo que el riesgo está, más que en la pérdida de empleo, en las nuevas condiciones laborales que se creen.
- Debe asegurarse el reciclaje de trabajadores de plantas existentes.

- Se pide más fuerza en derechos de codeterminación frente al medio ambiente y el clima.
- Aceptación social de hidrógeno, la sociedad es lenta en aceptarlo como fuerza laboral.

En relación a los desafíos formativos, tal y como se recogen en la Estrategia Europea de Habilidades del Hidrógeno, señala los siguientes:

- Escasez de profesores y formadores cualificados.
- Falta de infraestructuras accesibles y equipamiento disponible para ofrecer educación teórica y práctica.
- Ausencia de estándares de capacitación establecidos para desarrollar la formación sobre el hidrógeno.
- Limitaciones de tiempo que tienen las personas trabajadoras para asistir a la formación continua.
- Falta de financiación sostenida para establecer un sistema de formación integral ofreciendo mejorar y reciclar a las personas trabajadoras.
- Falta de flexibilidad en los itinerarios educativos para introducir nuevos temas como el hidrógeno.
- Consideración de la formación en la empresa como gasto en vez de como inversión que va a generar un retorno económico.

4.3.2 Nuevos riesgos para la salud

Propiedades del hidrógeno

El hidrógeno es un gas incoloro e inodoro, no tóxico y clasificado como gas extremadamente inflamable de acuerdo con la normativa en vigor. Para provocar la ignición del hidrógeno hace falta 15 veces menos energía que para el gas natural. Y el rango de concentraciones en el aire en los que el hidrógeno es inflamable es 10 veces mayor que para la gasolina.

La temperatura de auto ignición, (temperatura más baja a la que una sustancia entra en ignición espontáneamente sin necesidad de chispa o llama), es muy parecida a la del gas natural y mucho más alta que la del vapor de gasolina.

La energía requerida, en las condiciones de combustión óptimas, para iniciar la combustión es mucho más baja que para otros combustibles, por lo que una pequeña chispa puede iniciar la combustión.

Debido a su baja densidad en estado gaseoso y líquido, para almacenar hidrógeno se requieren condiciones extremas: en fase gaseosa debe mantenerse a presiones muy elevadas (de 200 a 700 bares) y en fase líquida a temperaturas criogénicas (-252,9 °C).

Con estas propiedades físico-químicas, a día de hoy los productores de hidrógeno por otras vías (especialmente el denominado 'hidrógeno gris, por reformado con vapor de metano) en refino, industria química y petroquímica, ya cuentan con instrumentos avanzados de identificación, evaluación y gestión de riesgos. Por lo que los nuevos actores que entran en la cadena de valor del hidrógeno verde deberán replicar los elevados estándares de seguridad puestos en práctica hasta la fecha.

En las instalaciones de hidrógeno, como en cualquier otra parte, la seguridad de proceso es parte integrante y debe tenerse en cuenta:

- > Diseño, ingeniería y construcción de instalaciones
- > Evaluación de riesgos
- > Control y seguimiento del proceso
- > Procedimientos de funcionamiento estable en instalaciones adecuadas
- > Procedimientos de parada y puesta en marcha
- > Gestión de cambios
- > Revisión previa a la puesta en marcha
- > Gestión de contratistas
- > Formación del personal
- > Comunicación en toda la organización

El hidrógeno no plantea nuevos riesgos importantes en comparación con otros gases.

Los puntos problemáticos se encuentran en las tareas que se realizan a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno, desde su producción hasta su uso. A continuación, se desarrollan de forma breve la normativa que se aplica en la gestión del riesgo en la cadena de valor del hidrógeno verde:

- **Transporte:**

Transporte por carretera.

Las condiciones de seguridad del transporte del hidrógeno por carretera se encuentran reguladas en el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR), por lo que no sería necesario el desarrollo de normativa adicional en la materia.

Transporte a través de las redes existentes de gas natural.

Como ya hemos visto es posible introducir el hidrógeno en las redes de transporte y distribución de gas natural. Según el artículo 64 de la Ley 34/1998 de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos, corresponde la Gestor Técnico del Sistema garantizar las entradas y salidas del gas natural en el sistema gasista. Esta Ley recoge los procedimientos de control para que el transporte de cualquier gas sea seguro.

Aunque esta regulación actualmente está orientada a la introducción de biogás, se podría extender a la introducción de hidrógeno puesto que contempla la adición de “otros gases”.

Actualmente el Protocolo de Detalle PD-01 de las NGTS en su punto 5.2 establece una limitación de composición de los gases procedentes de fuentes no convencionales introducido en el sistema que fija una composición mínima de metano del 90% y máxima de hidrógeno del 5%, mientras que para el biogás admite otras opciones de inyección.

Procedería adaptar la posible inyección del hidrógeno, correspondiendo al Ministerio con competencias en materia de energía acometer la actualización necesaria.

- **Pila de combustible**

La UNE-EN 62282 y EN 62283 regula las tecnologías de pilas de combustible. Estas normas armonizadas derivan de la Directiva 2014/35/UE de material eléctrico, no solo incluyen los riesgos de la parte eléctrica, sino todo el conjunto de riesgos del equipo, incluidos los derivados del sistema de alimentación de gas. El certificado CE que debe emitir el fabricante debe incluir el análisis de todos estos riesgos.

- **Almacenamiento.**

Almacenamiento en el lugar de producción para su posterior distribución:

Las condiciones de seguridad de este tipo de almacenamiento se encuentran reguladas por diferentes reglamentos de seguridad industrial, entre los que identifican los más significativos:

Reglamento de equipos a presión.

Reglamento de almacenamiento de productos químicos

Real Decreto 480/2015 por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherente a los accidentes graves en el que intervengan sustancias peligrosas, (para cuando se almacenen más de 5 toneladas de hidrógeno)

Almacenamiento en lugar de consumo o dispensación:

En estas instalaciones de almacenamiento se puede distinguir dos tipos:

Almacenamiento en estaciones de servicio a vehículos de transporte terrestre, aplicándosele el Reglamento Técnico de Distribución e Utilización de Combustibles gaseosos, aprobado por el Real Decreto 919/2016 y su ITC IGC05.

Almacenamiento en el lugar de consumo: En este tipo habría que diferencia la situación de instalaciones en establecimientos industriales de aquellas que se ubiquen en edificios de uso residencial o terciario.

Almacenamiento en establecimientos industriales.

No es necesario acometer ningún tipo de desarrollo regulatorio ni promover la redacción de nuevas normas en este ámbito, puesto que las condiciones de seguridad ya están recogidas en los reglamentos, incluyendo la regulación de la Instrucción Técnica Complementaria APQ-5 de almacenamiento de gases en recipientes a presión móviles.

Almacenamiento en uso residencial terciario.

El ámbito de aplicación del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos no se ajusta a las necesidades que podrá surgir en la utilización de pilas de combustible para cubrir parte de la demanda de energía eléctrica o de climatización de los edificios.

Hay por tanto una carencia de regulación de la condiciones mínimas de seguridad que habría que exigir a las instalaciones de almacenamiento del hidrógeno en esos casos, ya sea suministrado a partir de envases o producido “in situ” mediante fuentes de energía renovables.

Se está valorando la posibilidad de incluir estas instalaciones dentro del ámbito de aplicación del nuevo Reglamento Técnico de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos, que se está tramitando, con una nueva Instrucción Técnica complementaria específica, para aprovechar las similitudes con la infraestructura de seguridad asociada a la aplicación de ese reglamento.

- **Electrolizadores**

A día de hoy no hay normativa específica, pero les afectan las siguientes normativas genéricas.

Equipos a presión

✓ Equipos a presión (RD 769/1999 - Directiva Europea 97/23/CE). (RD 2060/2008, BOE 5 febrero 2009).

✓ ITC MIE-AP7: Botellas y botellones para gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.

✓ ITC EP-6 sobre recipientes a presión transportables.

✓ Equipos a presión transportables (RD 222/2001 – Directiva Europea 1999/36/CE).

✓ Reglamento de almacenamiento de productos químicos RD 379/2001.

✓ ITC MIE-APQ-005 del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos: Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.

ATEX (Atmósferas explosivas)

✓ Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (RD 400/1996 - Directiva Europea 94/9/CE).

✓ RD 681/2003 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

✓ ITC-BT-29 (Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión) del Reglamento electrotécnico para instalaciones de baja tensión (REBT).

Compatibilidad electromagnética.

✓ Directiva Europea 2004/108/CE Compatibilidad electromagnética de equipos.

✓ Directiva Europea 2006/28/CE Compatibilidad electromagnética para la homologación de vehículos a motor y de sus remolques.

Máquinas.

✓ Directiva Europea 2006/42/CE.

✓ Directiva 97/23/CE relativa a los equipos a presión

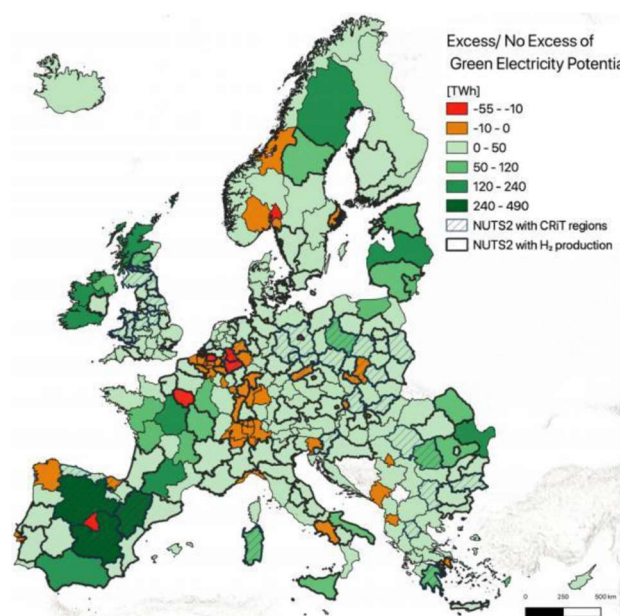
5. OPORTUNIDADES

5.1 OPORTUNIDADES ECONÓMICAS, AMBIENTALES SOCIALES Y DE EMPLEO.

El proceso de transformación energética que se está dando en Europa, está impulsando nuevos proyectos en infraestructuras en energías renovables y eficiencia energética. Por lo que Castilla y León puede convertirse en una región referente para la producción y exportación de energías renovables, como el hidrógeno verde, al contar con una posición privilegiada gracias a su ubicación geográfica y a su consolidada red de infraestructuras.

En este sentido Castilla y León ofrece tres factores clave para el despliegue del hidrógeno: gran recurso renovable, infraestructura de gas desarrollada, sector industrial relevante.

- **Gran recurso renovable.**
 - ✓ Es la Comunidad con mayor potencia instalada renovable en España. (Ver apartado 3.2)
 - ✓ Reducción de emisiones muy importante, por la eficiencia de las pilas de combustible y por la producción de hidrógeno renovable.
 - ✓ Mayor desarrollo de energías renovables, generando excedentes que permitan la producción de hidrógeno. Castilla y León es una de las Regiones que más excedente de energía renovable genera en la UE.



Fuente: George, N. (2020)

- **Infraestructura de gas desarrollada**
 - ✓ La infraestructura de gas ofrece opciones a corto, medio y largo plazo para el transporte de hidrógeno que son muy eficientes en coste, técnicamente viables y flexibles.
 - ✓ El suministro de hidrógeno a la industria puede actuar como elemento tractor para la reactivación industrial.
 - ✓ A largo plazo, la red de gas puede reconvertirse al transporte de hidrógeno y facilitar la descarbonización de múltiples sectores de manera eficiente.
- **Sector industrial relevante**
 - ✓ Existencia de numerosos proyectos piloto en el campo del hidrógeno y pilas de combustible.
 - ✓ Existencia de empresas cuyo objetivo es desarrollar tecnología en el campo del hidrógeno y las pilas de combustible.
 - ✓ Nuevos mercados para la industria auxiliar del automóvil.
 - ✓ Oportunidad de sinergias con sectores bien implantados en Castilla y León, en lo referente a fabricación de componentes para pilas de combustible.
 - ✓ Empleos directos e indirectos en la cadena de suministro del hidrógeno; en la construcción de las infraestructuras e instalaciones y en el mantenimiento y control del equipamiento, medios de producción y consumo.
 - ✓ Modernización de los medios de producción y en la implantación de nuevos medios.

El cambio de modelo energético traerá consigo una modernización de los medios de producción, adquiriendo una importante relevancia en industrias electro intensivas y en los grandes consumidores de energías fósiles. Esta reconversión, implica también unas importantes inversiones tanto en la implantación de medios como en el desarrollo de capital humano.

Son varias las oportunidades y fortalezas que hacen de Castilla y León una de las regiones fuertes y destacables en el sector del hidrógeno y de las pilas de combustible, características que ayudarán a lograr a corto plazo una Economía del Hidrógeno, a generar numerosos y cualificados empleos, oportunidades de negocio y expectativas de mercado y de creación de nuevas empresas.

5.2 INDUSTRIA AUXILIAR DE CASTILLA Y LEÓN

Las áreas y sectores que podrían estar involucrados en la industria auxiliar del hidrógeno verde en Castilla y León son:

1. Producción de Electrolizadores: Empresas que fabrican electrolizadores desempeñan un papel clave en la producción de hidrógeno verde.
3. Empresas de Energía Renovable: Compañías involucradas en la generación de energía renovable, como parques eólicos y plantas solares, pueden estar conectadas a la producción de hidrógeno verde a través de la electrólisis.
4. Servicios de Ingeniería y Consultoría: Empresas de ingeniería y consultoría ofrecen experiencia en diseño y construcción de instalaciones de hidrógeno verde, así como en la planificación estratégica y la viabilidad de proyectos.
5. Transporte y Distribución: Empresas de transporte y logística desempeñan un papel importante en la distribución y el transporte del hidrógeno producido a través de camiones y tuberías.

Empresas locales y regionales: Es posible que empresas locales o regionales en Castilla y León estén involucradas en el transporte y distribución de hidrógeno verde, especialmente si se están desarrollando proyectos de producción de hidrógeno en la región.

6. Investigación y Desarrollo: Instituciones de investigación y universidades pueden estar involucradas en proyectos de I+D relacionados con la producción, almacenamiento y aplicaciones del hidrógeno verde.

7. Empresas Químicas y Petroquímicas: Estas empresas pueden participar en la producción y el desarrollo de tecnologías para la obtención y el almacenamiento de hidrógeno.

9. Empresas de Automoción: La industria automotriz puede estar involucrada en el desarrollo y fabricación de vehículos de hidrógeno y su infraestructura de carga.

Dentro del sector automoción, Castilla y León debería de ser líder en los proyectos de movilidad sostenible y llegar a ser la primera en capacidad de fabricación en España, con la tecnología de Hidrógeno y por los nuevos materiales vinculados a una industria capaz de desarrollar tecnologías que fabriquen tanto en aleaciones metálicas como en interiores de vehículos, autopartes de menor peso y mayor resistencia. Los grandes proveedores

regionales deben servir de vectores para el resto de la cadena de valor del sector automoción regional.

10. Empresas de Construcción e Infraestructura: Participan en la construcción de plantas de producción de hidrógeno verde, estaciones de carga y otros elementos de infraestructura relacionados.

8. Fabricación de Componentes y Equipos: Fabricantes de componentes y equipos utilizados en la producción y almacenamiento de hidrógeno verde, como tanques de almacenamiento y sistemas de purificación, forman parte de la cadena de suministro.

Tan importante como la implicación de las grandes empresas debe ser la apuesta de las pymes. De un modo no exhaustivo, se identifican algunas oportunidades para pymes en sectores y actividades relacionados con el hidrógeno y las pilas de combustible:

a) Sistemas de almacenamiento de hidrógeno

Empresas que desarrollen sistemas de almacenamiento de hidrógeno con alguna característica diferencial sobre los ya comercializados, como por ejemplo, su portabilidad, su ligereza o su seguridad.

b) Sensores

Se trata de sistemas de detección de hidrógeno o de análisis de gases que contengan este gas, así como de detectores de gases usualmente presentes en los procesos de producción de hidrógeno.

c) Electrónica de potencia

Diseño y construcción de sistemas de manejo y gestión de la energía eléctrica, que puedan controlar diferentes cargas y fuentes a la vez, incluyendo, especialmente, pilas de combustible y electrolizadores.

d) Catalizadores y soporte de los mismos

Fabricación de catalizadores a mediana escala, sobre diferentes soportes, con elaboraciones propias (una pequeña cartera) o de terceros (licencias o pedidos); tecnologías de reformado, técnicas químicas de producción de gases, etc.

e) Sistemas de purificación de hidrógeno

Se trata de sistemas basados en medios mecánicos: sistemas de desplazamiento por presión (PSA), membranas de distintas tecnologías (poliméricas, paladio), etc.

f) Conectores

Se trata de elementos de conexionado, incluyendo racores, válvulas, bridas u otros componentes destinados a la infraestructura de hidrógeno, a nivel de “tubing” y “piping”.

Aún son necesarios componentes que, pudiendo manejar específicamente el hidrógeno y los gases que lo contienen, sean sencillos de implementar a la par que económicos.

5.3 LÍNEAS DE TRABAJO CON PROYECTOS CONJUNTOS DE HIDRÓGENO CON INSTITUCIONES, EMPRESAS, Y OTRAS REGIONES.

Las comunidades autónomas pueden desempeñar un papel central en este desarrollo inicial de valles de hidrógeno, en la posterior creación de corredores transregionales y subnacionales, y, finalmente, en la integración de la Península Ibérica en un mercado europeo del hidrógeno renovable.

Uno de los elementos clave de este desarrollo regional es la formación de alianzas y asociaciones regionales para la creación de corredores y valles de hidrógeno que aglutinan a varias comunidades autónomas o regiones europeas. Un modelo cooperativo de desarrollo regional del hidrógeno puede contribuir a desbloquear la integración energética española con su vecindario inmediato, ayudando a superar algunas de las barreras geopolíticas y geoeconómicas que afectan a las relaciones entre naciones. Escribano, G. (2023)

PROYECTOS NACIONALES E INTERNACIONALES

H2MED

Desde la iniciativa European Hydrogen Backbone(EHB) y el Plan REPowerEU surge el proyecto **H2Med** que podría dar lugar al **primer corredor de hidrógeno verde de la Unión Europea (UE)**.

El proyecto, que ha sido impulsado por los gobiernos de España, Portugal y Francia, y al que recientemente se ha unido Alemania, incluye dos infraestructuras transfronterizas, una entre Celorico da Beira (Portugal) y Zamora, y otra, submarina, entre Barcelona y Marsella

Los primeros tramos de la Red Troncal Española de Hidrógeno incluidos como PCI son el Eje Vía de la Plata con su conexión con el Valle de Hidrógeno de Puertollano —que suman una longitud aproximada prevista de 1.250 km—, y el Eje que engloba a su vez los ejes de la Cornisa Cantábrica, del Valle del Ebro y de Levante —alrededor de 1.500 km en total—, así como dos almacenamientos subterráneos de hidrógeno en Cantabria y País Vasco, ubicados en nuevas cavidades salinas, con una capacidad prevista de 335 y 240 GWh respectivamente.

Los proyectos de la Red Troncal Española de Hidrógeno, junto con los almacenamientos identificados como necesarios para su correcto funcionamiento, supondrían una inversión de alrededor de 4.600 millones de euros.

HYDEAL

HyDeal España pretende suministrar hidrógeno renovable para la producción de acero, amoníaco, fertilizantes y otros productos industriales bajos en carbono. Su propuesta parte de una necesidad para atender el mercado nacional por lo que está trabajando en tender acuerdos estructurales.

HyDeal España, la primera implementación industrial de la plataforma HyDeal Ambition, se convertirá en el mayor giga-proyecto de hidrógeno renovable a escala mundial, según la clasificación hecha pública por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).

Esta iniciativa, impulsada por compañías como Arcelor Mittal, Enagás, Grupo Fertiberia y DH2 Energy, se constituyó oficialmente como joint venture industrial en noviembre de 2021.

En septiembre de 2023 Hydeal España ajustó su proyecto de abastecimiento de hidrógeno verde a las instalaciones de Arcelor Mittal y Fertiberia. Inicialmente, la alianza empresarial planeaba iniciar la entrega en 2025, pero ahora se pospone hasta 2028. Se espera que la producción de hidrógeno verde comience en 2028, tres años más tarde de la fecha inicialmente prevista. La capacidad total instalada se reducirá a 4,8 GW de energía solar y 3,3 GW de electrolizadores. Lo que lleva a que la implementación de parques solares y electrolizadores de hidrógeno previstos principalmente en Castilla y León se reduce a la mitad de la capacidad originalmente anunciada.



Fuente: León Noticias.

PROYECTOS REGIONALES

ENTE PÚBLICO REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN (EREN)

Desde el año 2018, el Ente Público Regional de la Energía de Castilla y León, viene participando en las diferentes plataformas y grupos de acción que se han constituido en torno a esta tecnología, asistiendo a los diferentes eventos más importantes que se están celebrando en el Marco de las propuestas europea y nacional. Concretamente:

1ª Plataforma “*Valles de Hidrógeno*”: Iniciativa europea que se considera estratégica para el posicionamiento de nuestra región en Europa. Se trata de un grupo temático denominado “*S3 European Hydrogen Valleys*”, que se encuadra dentro de la Plataforma Temática de Especialización Inteligente de Modernización Industrial.

La Junta de Castilla y León ha identificado tres áreas para el desarrollo de valles de hidrógeno:

- Bierzo y el norte de León, con iniciativas que se vinculan al proceso de transición energética justa.
- Eje asociado a la localidad vallisoletana de La Mudarra, incluye zonas de Valladolid, Salamanca y Zamora.
- Franja comprendida entre Burgos y Soria.

Son tres ‘valles de hidrógeno’, considerados así por la Comisión Europea, y que han sido seleccionados por sus posibilidades de producción, distribución, transporte y uso.

2º Estrategia “*Clean Hydrogen Alliance*”. La Estrategia establece las líneas clave de la transformación industrial de Europa y propone un conjunto integral de acciones futuras, incluida una Alianza de Hidrógeno Limpio para acelerar la descarbonización de la industria y mantener el liderazgo industrial.

3º Proyecto estratégico de interés comunitario “*Green Crane*” El **proyecto estratégico “Green Crane”**, liderado por la empresa Enagás Renovable, filial de Enagás, pretende abarcar el desarrollo de cadenas de valor en torno al hidrógeno verde a través de la definición de corredores desde el sur hacia el centro-norte de Europa y de localizaciones clave (hubs) para el desarrollo de economías locales en torno al hidrógeno verde. La iniciativa combina diversas estrategias: apertura de rutas exportadoras con el norte de Europa, descarbonización de la infraestructura gasista, movilidad y descarbonización de la industria.

Este proyecto, estratégico en el desarrollo del hidrógeno para España, se centra en el desarrollo de economías de hidrógeno verde a través de varias localizaciones clave o “hubs”. Estos hubs de exportación y descarbonización de la red gasista, estarían en Castilla y León, Aragón, Baleares y Asturias. Cada uno puede contar con una única planta de hidrógeno o con varias, difiriendo entre ellos tanto a nivel de potencia del recurso renovable, como de la de electrólisis, usos finales, potencia destinada al blending y otras infraestructuras.

A día de hoy en Castilla y León existe un proyecto que es el más maduro y que se ubica en la antigua central térmica de La Robla (León), liderado por Naturgy y Enagás que permitirá comercializar esta materia prima. La Robla aportará hidrógeno a los dos grandes proyectos nacionales y europeos, HyDeal y H2Med. El objetivo es producir para cubrir consumo local, inyectar a la red gasista y posibilitar una futura exportación hacia el noroeste de Europa.

INSTITUTO PARA LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

Instituto para la Competitividad Empresarial (en adelante, ICE) orientará las actuaciones de los próximos años a través de la ESTRATEGIA DE EMPRENDIMIENTO E INNOVACION 2027.

La línea estratégica se desdobra en dos programas: Fomento de Políticas Sostenibles y Economía Circular.

En su programa 4.1 Fomento de políticas sostenibles, se recoge dos medidas: el Fomento de los objetivos de desarrollo sostenible en empresas y organizaciones y un banco de proyectos. Con la primera medida se pretende un acompañamiento a las empresas y entidades en su camino hacia la sostenibilidad, poniendo a disposición de las entidades de

Castilla y León una certificación de sostenibilidad. Con el banco de proyectos se pretende dinamizar la actividad económica en las zonas rurales de la región, mediante iniciativas innovadoras, por parte de entidades públicas o privadas, o de la colaboración de ambas, capaces de crear actividad y riqueza en las zonas rurales, aprovechando y poniendo en valor sus propios recursos endógenos.

Se contará con los centros tecnológicos y otras entidades especializadas para la captación, análisis, evaluación y posterior tutorización de los proyectos que se identifiquen con capacidad para generar actividad económica y empleo en el ámbito rural.

En el programa 4.2. Economía circular, se ofrecerá un programa completo de acompañamiento a las empresas en la integración de la economía circular en sus procesos. El programa, entre otras actuaciones, apoyará a las empresas con un diagnóstico inicial, capacitación en el ámbito de la economía circular, mentorización y acompañamiento en la definición de nuevas líneas de negocio y planes de acción, en el desarrollo de proyectos de I+D+i, inversiones y su financiación, en el reconocimiento a las mejores prácticas y la identificación de casos de éxito, el apoyo a la transferencia tecnológica, etc.

ASOCIACIÓN CASTELLANO LEONESA DEL HIDRÓGENO

La Asociación Castellano y Leonesa del Hidrógeno (H2CYL) (con 60 Asociados) nace en 2022 con el objetivo de fomentar el desarrollo de la Economía del Hidrógeno en la Región. Se trata de una entidad privada sin ánimo de lucro que promueve un ecosistema que permite desarrollar proyectos relacionados con el uso del hidrógeno renovable.

Los objetivos de la Asociación son:

- Favorecer la transición energética mediante la implementación de políticas y estrategias que promuevan el uso de fuentes de energía renovable.
- Impulsar el desarrollo económico en CYL mediante la promoción de políticas y estrategias que fomenten la creación de empleo, la innovación y la competitividad empresarial.
- Favorecer la descarbonización de sectores como la industria, la energía, la movilidad o el residencial.

La Asociación cuenta con una Hoja de ruta (Febrero 2023) cuyos objetivos se han establecido en base al estado actual y a las iniciativas en fase de desarrollo existentes.



Fuente: Asociación Castellano y Leonesa del Hidrógeno.

Red de Hidrogeneras:

La Asociación, apoyándose en los estudios realizados por Anfac y Gasnam, asociaciones que trabajan en el desarrollo del uso de gas natural y renovable, se marcan como objetivo la creación de al menos 1 hidrogenera en cada capital de provincia y ciudades de más de 30.000 habitantes (Incluyendo Ponferrada, Aranda de Duero y Miranda de Ebro), así como 4 más en los principales corredores de transporte europeos, garantizando una distancia máxima entre hidrogeneras de 250 kilómetros, hasta un total de 16 unidades.

Construcción de Hidrodutos.

Construcción de una red de transporte dedicada exclusivamente al transporte de hidrógeno, que recorra al menos los principales ejes vertebradores de la Comunidad Autónoma, incluyendo al menos los principales corredores de la Región y los principales nodos de consumo:

Ruta del Oeste: Corredor Salamanca – Zamora – León – Asturias, siguiendo el trazado previsto por Hydeal para el transporte de Hidrógeno procedente de proyectos de generación solar, con un total de 315 km. en Castilla y León.

Ramal H2 Med: Línea Celorico - Zamora, para conexión entre Portugal y España, considerado dentro de la propuesta de H2Med para comunicar España y Portugal, con aprox 42 km. en Castilla y León.

Línea Troncal de Castilla y León: Corredor Zamora - Valladolid – Palencia - Burgos – País Vasco como evacuación del hidrógeno procedente de la generación Eólica, hasta su conexión con el corredor del Ebro con un total de 277 km. a través de la región. Adicionalmente, se consideran los siguientes ramales:

Ramal Aranda de Duero – Lerma – Burgos: considerando la unión de dos nodos de consumo con zonas de alto potencial de generación, de 77 km. de longitud.

Ramal Soria: Conexión Soria – Corredor del Ebro, como evacuación del potencial de generación de la zona, considerado ya en los planteamientos de HyDeal, de 44 km de longitud.

Ramal Bierzo: Conexión Ponferrada - León, de 78 km. de longitud, para evacuación de la generación de la zona.

Desarrollo regional de la industria del Metanol y Amoniac.

Castilla y León es el mayor consumidor de fertilizantes en España, siendo el amoniac componente principal de los fertilizantes nitrogenados.

Por esta razón, esta Asociación considera que parte de su producción debe ir enfocada a la generación de productos como el metanol, basado en la gasificación de biomasa, la captura de CO₂ y su posterior hidrogenación y producción de amoniac.

Es por ello, que la Asociación fija como objetivo la producción del 50% del amoniac consumido para 2030 hasta los 125 MT de amónico, el 100% para 2040, y el desarrollo de una producción anual de 500 MT de Amoniac para 2050, equivalente al 50% del consumo nacional actualmente.

A mayores de la producción de amoniac se busca el desarrollo de toda la industria del sector, así como las infraestructuras necesarias, como son las redes de transporte e industria química asociada.

Para el caso de metanol, se busca la producción local de bio-combustibles, la reducción de emisiones y la consiguiente valorización del CO₂.

5.4 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIACIÓN DISPONIBLES PARA PROYECTOS RELACIONADOS CON EL HIDROGENO.

En un informe realizado por la Asociación Española del Hidrógeno, se recogen las principales vías de financiación pública para conseguir el desarrollo del hidrógeno como vector energético.

Dentro de las ayudas públicas recibidas, destacan las procedentes del CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación), el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y el Clean Hydrogen Partnership.

- La contribución del CDTI, más enfocada en proyectos con tecnologías de menor nivel de desarrollo tecnológico, se acerca a un 2%.
- IDAE es el organismo que se espera que proporcione la mayor parte de la financiación a los proyectos de hidrógeno, con un 53%, aunque una buena parte de ese porcentaje se realiza en coordinación con otros programas de financiación pública.
- La financiación de programas gestionados directamente desde la Comisión Europea (Next Generation European Unión), desempeña un papel importante en el despliegue de estos proyectos de hidrógeno con, aproximadamente, un 20%.
- Otras ayudas como las de Proyecto importante de interés común europeo o programas regionales (Agencia Andaluza de la Energía, Generalitat Catalunya, Hazte, etc.) aportan casi un 25% de la financiación pública total.

Las previstas en los programas FEDER 2021-2027 serían complementarias de las desarrolladas en el marco del Plan de Recuperación (componente 9), pues se centrarían en la fase de experimentación y de desarrollo de proyectos piloto y de demostración, una vez fructifiquen y se vayan desarrollando nuevos modelos de negocio asociados al hidrógeno renovable tras el impulso del Plan de Recuperación, eminentemente centrado en la fase de investigación.

FINANCIACIÓN UE

Programas de Fondos FEDER. Período de Programación 2021 – 2027

Estas ayudas serían complementarias de las desarrolladas en el marco del Plan de Recuperación (componente 9), pues se centrarían en la fase de experimentación y de desarrollo de proyectos piloto y de demostración, una vez fructifiquen y se vayan desarrollando nuevos modelos de negocio asociados al hidrógeno renovable tras el impulso del Plan de Recuperación, eminentemente centrado en la fase de investigación.

CEF- Connecting Europe Facility (Facilidad de conexión de Europa)

Este mecanismo es un instrumento de financiación clave de la UE para promover el crecimiento, el empleo y la competitividad a través de inversiones específicas en infraestructura a nivel europeo.

Además de las subvenciones, el CEF ofrece apoyo financiero a proyectos a través de instrumentos financieros innovadores como garantías y bonos de proyectos.

El CEF se divide en tres sectores:

CEF Energy

CEF Telecom

CEF Transport

Una de las prioridades clave de CEF es habilitar y fortalecer las sinergias entre los tres sectores. Las acciones en todos los sectores pueden permitir que los costos o resultados se optimicen mediante la combinación de recursos financieros, técnicos o humanos, mejorando así la eficacia de la financiación de la UE.

Fondos para la promoción de la Innovación (Innovation Fund).

Innovation Fund es uno de los programas de financiación más grandes del mundo para la demostración de tecnologías innovadoras de bajo carbono.

Horizon Europe

Será el instrumento fundamental para llevar a cabo las políticas de I+D+I de la UE. Sus tres pilares son:

Ciencia Excelente

Desafíos Globales y Competitividad Industrial Europea

Europa Innovadora

InnovFin Energy Demonstration Projects

Mecanismo de financiación del Banco Europeo de Inversiones (BEI), mediante préstamos, garantías de préstamos o financiación de tipo patrimonial, para proyectos innovadores en el ámbito de la transformación del sistema energético, incluyendo **tecnologías de energía renovable, almacenamiento de energía**, captura y almacenamiento de CO2 y sistemas de energía inteligente, **para ayudarles a dar el salto de la demostración a la comercialización.**

InvestEU

Este programa agrupa diferentes instrumentos financieros con el objetivo de estimular las inversiones fundamentales para el crecimiento económico.

Fondo de Transición Justa

El **marco general es el Mecanismo de Transición Justa**, que incluye este Fondo de Transición Justa (una parte concreta del programa Invest EU reservada para proyectos que apoyen los objetivos de transición justa y un sistema de préstamos para el sector público gestionados por el EIB).

Mecanismo destinado a apoyar la transición de las regiones más afectadas por la necesidad de abandonar un modelo económico basado en combustibles fósiles, por tanto, se dirige a las regiones que son más intensivas en carbono o más dependientes de los combustibles fósiles.

En Castilla y León los proyectos elegidos se encuentran en:

- León. Bierzo-Laciana
- León La Robala
- Burgos : Garoña
- Palencia : Guardo- Velilla

Next Generation EU

Nuevo instrumento de recuperación que pretende impulsar el presupuesto de la UE con nueva financiación obtenida de los mercados financieros para 2021-2024 para garantizar una respuesta eficaz a la crisis del COVID-19.

LIFE 2021-2027

LIFE programa de financiación de la UE dedicado exclusivamente al medio ambiente, el clima y la energía.

FINANCIACION A NIVEL NACIONAL.

A nivel nacional, existen instrumentos financieros destinados al apoyo de iniciativas y proyectos con alto contenido en I+D para encarar los desafíos de las áreas estratégicas y los sectores productivos críticos de la economía española.

Proyectos CIEN

Se trata de un mecanismo de financiación del **Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)**, en forma de ayuda parcialmente reembolsable, **dirigida a grandes proyectos de investigación industrial y de desarrollo experimental**, sin restricción en cuanto al sector o la tecnología a desarrollar.

Los proyectos CIEN deberán ser proyectos desarrollados en colaboración efectiva por consorcios empresariales de un **mínimo de 3 y un máximo de 8 empresas** (2 de las cuales deberán ser autónomas, y al menos 1 deberá ser PYME). Asimismo, mediante los proyectos CIEN se persigue fomentar la cooperación público-privada en I+D, por lo que requieren la subcontratación de actividades a organismos de investigación, de los que al menos 1 deberá ser de titularidad pública.

Misiones Ciencia e Innovación

Programa del Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación que busca apoyar, a través de subvenciones, grandes iniciativas estratégicas, intensivas en I+D, realizadas por una agrupación de empresas y con participación relevante organismos de investigación que tengan como objetivo contribuir al desarrollo de 5 misiones identificadas por su gran relevancia en los retos futuros de España.

De estas misiones, se han identificado 3 con potencial para financiar proyectos de hidrógeno renovable:

- Energía, segura, eficiente y limpia para el siglo XXI
- Movilidad sostenible e inteligente
- Impulsar a la industria española en la revolución industrial del siglo XXI

Plan de Impulso a la cadena de valor de la Industria de la Automoción, hacia una movilidad Sostenible y Conectada.

Este plan incluye 20 medidas de tipo económico, fiscal, normativo, logístico, de competitividad, de formación y cualificación profesional, de compra pública sostenible y de planificación estratégica que dan cobertura a toda la cadena de valor de la industria.

FINANCIACIÓN PÚBLICA EN CASTILLA Y LEÓN

En Castilla y León existen distintas líneas de ayudas y subvenciones dirigidas al apoyo de iniciativas tanto de empresas, pymes y emprendimiento, entre los que destacan los siguientes:

Creación de empresas

Proyectos de inversión en pymes

Proyectos de I+D

Proyectos de I+D orientados a la excelencia y mejora competitiva de los Centros Tecnológicos

Transferencia de conocimiento en Pymes

Fomento de la Innovación en Pymes

Expansión internacional

Además, Castilla y León participa en ocho *Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica* (PERTE): VEC; Salud de vanguardia; Cadena agroalimentaria; Digitalización del ciclo del agua; Aeroespacial; ERHA; Economía circular y Nueva economía de la lengua. Sin embargo, no existe ninguna asignación presupuestaria para el hidrógeno renovable.

En cuanto a los programas de desarrollo regional, cabe mencionar el **Programa Operativo FEDER Castilla y León 2021-2027**, marco principal de desarrollo y encaje de la Estrategia de Especialización Inteligente de Castilla y León para 2021-2027 (RIS3).

En el ámbito de la Investigación científica relacionada con las directrices del PRTR, la región participa en tres *Planes Complementarios*: Plan Complementario de Ciencia-Comunicación cuántica (año 2021), Plan complementario de Ciencia-Energía e Hidrógeno renovable (año 2021) con una inversión de 1,7 millones de euros y 1,8 millones de euros.

PROYECTOS DE CASTILLA Y LEÓN QUE HAN SOLICITADO AYUDAS

En el marco de la Componente 9 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia- Financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU, Mediante la Orden TED/1445/2021, de 22 de diciembre, se aprobaron las bases reguladoras del **Programa de incentivos a proyectos pioneros y singulares de hidrógeno renovable (PROGRAMA H2 PIONEROS)**, con dos convocatorias.

En los siguientes enlaces se puede consultar la relación de ayudas concedidas en nuestra Región, tanto para la primera convocatoria como para la segunda.

Resolución Definitiva Convocatoria (Publicada: 05.04.2023)

https://sede.idae.gob.es/lang/extras/tramites-servicios/2023/H2_PIONEROS/Resolucion_proyectos_H2pioneros.pdf

Resolución Definitiva Convocatoria (Publicada: 22.12.2023)

https://sede.idae.gob.es/lang/extras/tramites-servicios/2023/H2_PIONEROS_2/H2_PIONEROSC2_Resolucion_Definitiva_SEE.pdf

También en el marco de la Componente 9 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - Financiado por la Unión Europea – NextGeneration, PROGRAMAS H2 CADENA DE VALOR persiguen impulsar el conocimiento técnico y la capacidad productiva mediante el desarrollo de avances tecnológicos y prototipos a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno, así como de instalaciones de ensayo y nuevas líneas de fabricación.

En el siguiente enlace se puede consultar la relación de ayudas concedidas en nuestra Región:

<https://sede.idae.gob.es/lang/modulo/?refbol=tramites-servicios&refsec=cadena-valor-hidrogeno-renovable>

6. RECOMENDACIONES Y ACCIONES

A lo largo del presente documento se ha tomado siempre como referencia la Hoja de ruta del hidrógeno a nivel nacional. Por lo que, a la hora de plasmar las recomendaciones que se pueden acometer, sería pretencioso no hacer mención a las medidas que se incorporan en la citada hoja de ruta. Y es que muchas de las medidas que se proponen en dicha hoja, son comunes para todo el territorio español y por ende a la comunidad de Castilla y León.

Como ha quedado reflejado en el capítulo 4, dedicado a los obstáculos, algunos de los desafíos a los que se enfrenta nuestra Comunidad, son la falta de una infraestructura de distribución, la falta de fabricación a gran escala, los desafíos relacionados con los costes, así como la durabilidad, confiabilidad y disponibilidad de una cadena de suministro completa.

Unos desafíos que pueden encontrar solución con alguna de las 60 medidas que recoge la Hoja de ruta del hidrógeno. Estas medidas se encuentran agrupadas en 4 instrumentos: Regulatorios, Sectoriales, Transversales e Impulso a la I+D+i.

a) INSTRUMENTOS REGULATORIOS.

Simplificación administrativa y eliminación de barreras regulatorias a la producción de hidrógeno.

- 1) Modificar la clasificación como actividad industrial de la producción de hidrógeno renovable in situ en las estaciones de servicio.***
- 2) Analizar los distintos procedimientos para la tramitación de la operación y ejecución de instalaciones de producción de hidrógeno verde a pequeña escala y evaluar su simplificación sin menoscabar la protección medioambiental y asegurando criterios de sostenibilidad.***
- 3) Promover el desarrollo de medidas regulatorias que simplifiquen y faciliten el despliegue de líneas directas de electricidad dedicadas a la producción de hidrógeno renovable en el marco de la normativa del sector eléctrico, así como de los hidroductos que transporten hidrógeno renovable en el marco de la normativa del sector de hidrocarburos.***

Creación de un sistema de Garantías de Origen (GdO5)

- 4) En colaboración con las instituciones europeas, establecer un sistema de Garantías de Origen de hidrógeno renovable que permita proporcionar las señales de precio adecuadas a los consumidores.***

5) Considerar, en el marco de la fiscalidad verde y, en concreto, en los impuestos indirectos, los efectos positivos en el medioambiente del hidrógeno renovable. Asimismo, la fiscalidad deberá incentivar el hidrógeno renovable frente al hidrógeno sobre cuyo origen no exista trazabilidad.

PROPUESTAS REGULATORIAS CYL

En un escenario de rápido despliegue de las renovables para la producción de hidrógeno, es necesario articular un marco institucional integral que garantice su sostenibilidad ambiental y social a largo plazo. (Fundación renovable)

Tal y como también ha quedado reflejado en el apartado 4, existe una falta de homogeneidad en materia de fiscalidad energético ambiental en la UE, situándose España entre los países con una recaudación más baja de impuestos verdes con relación al PIB. Existiendo cierta descoordinación entre el Estado, las Comunidades Autónomas y las entidades locales, lo que da lugar a una pluralidad tributaria.

Por ello, la penetración de las fuentes de energía alternativas se vería favorecida por la revisión de la fiscalidad de los productos energéticos y la electricidad, regulada por la Directiva 2003/96/CE21, por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad.

Sería recomendable establecer una reglamentación específica para la producción y almacenamiento del hidrógeno por electrolisis en el ámbito del sector residencial y terciario, con el fin de facilitar la instalación descentralizada de pequeñas instalaciones de producción de energía mediante el almacenamiento por hidrógeno.

Es necesario que de manera reglamentaria se estableciesen procedimientos administrativos simplificados para la producción de hidrógeno a pequeña escala y para procesos libres de emisiones contaminantes, incluyendo límites claros (potencia del generador eléctrico o capacidad de almacenamiento del hidrógeno) que permitieran diferenciar entre actividad doméstica, pequeña e industrial, y, en función de su incidencia ambiental potencial pudiesen estar sometidos desde un régimen de licencia ambiental hasta uno de comunicación o declaración responsable.

Igualmente, debe considerarse un marco común de todas las administraciones, que haga igualmente viables los proyectos desde el punto de vista regulatorio independientemente del País, Comunidad Autónoma, Provincia o Ayuntamiento, sin espacio para la disparidad

de criterios ni las controversias, facilitando también la producción estandarizada de equipamiento e insumos.

Trasponer, a nivel regional, la directiva europea 2014/94/EU, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.

Homogeneizar la reglamentación sobre tramitación de instalaciones para producción de hidrógeno a partir de fuentes renovables y sus hidroductos.

Facilitar y promover actividades de homologación, normalización y certificación.

Simplificación de los trámites administrativos para sistemas, equipos e instalaciones relacionadas con estas tecnologías.

Se necesitarán políticas específicas de la demanda para que la demanda industrial incluya gradualmente nuevas aplicaciones, incluidas la fabricación de acero, camiones, ferrocarriles y algunas aplicaciones de transporte marítimo, y otros modos de transporte.

Regular la identificación de productos, proyectos o instalaciones que usen este tipo de tecnologías, de modo que puedan ser conocidos y reconocidos por el público, destacando el valor que aportan.

Favorecer, mediante la actuación administrativa el fomento de la innovación a través de la contratación pública. Adquisición de la infraestructura de hidrógeno y pilas de combustible por parte de los entes públicos.

Favorecer e impulsar las patentes en hidrógeno y pilas de combustible.

b) INSTRUMENTOS SECTORIALES.

Monitorización de la producción y consumo de hidrógeno

6) Establecer un sistema estadístico nacional sobre el consumo y producción de hidrógeno en España, diferenciando por tipos de hidrógeno y por sectores de consumo.

Impulso a la aplicación del hidrógeno renovable en la industria.

7) Evaluar la viabilidad de establecer objetivos de penetración de hidrógeno renovable para el periodo 2025-2030, siguiendo la senda marcada en la Estrategia Europea del Hidrógeno, en aquellos sectores en los que la electrificación no es la opción más eficiente ni existe una alternativa sostenible que sea viable.

- 8) *Diseñar instrumentos financieros de apoyo a la industria española consumidora intensiva de hidrógeno para la adaptación de sus procesos e infraestructuras al suministro continuo de hidrógeno renovable.*
- 9) *Elaborar estrategias de descarbonización a nivel nacional a largo plazo basadas en el hidrógeno renovable en aquellos sectores más difícilmente electrificables. Se basarán en el diálogo específico con cada sector.*
- 10) *Identificar los polos de consumo de hidrógeno en la actualidad, fomentando e incentivando la creación de “valle o clústers de hidrógeno”. Se promoverá la constitución de Mesas del Hidrógeno Industrial junto a comunidades autónomas, administraciones locales, consumidores de hidrógeno y promotores de proyectos de producción de hidrógeno renovable, fomentando el desarrollo de proyectos piloto*

Impulso a la aplicación del hidrógeno renovable en el transporte

- 11) *Fomentar el consumo de hidrógeno renovable en el sector del transporte a través de la transposición de la Directiva Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.*

Transporte terrestre

- 12) *Colaborar en los foros internacionales para impulsar el desarrollo de una metodología armonizada para la determinación del consumo en vehículos pesados propulsados por hidrógeno.*
- 13) *Desarrollar planes que establezcan incentivos a la compra de vehículos e implementación de infraestructura (bonificaciones fiscales, cuota de compras mínimas para entidades públicas a través de la adopción de criterios de compra pública innovadora, fomentar la compra de flotas cautivas: policía, bus, taxi, ...).*
- 14) *Apoyar a la industria española del automóvil para favorecer la producción de vehículos eléctricos de pila de combustible alimentados con hidrógeno. Esta producción de vehículos eléctricos de pila de combustible alimentados con hidrógeno ejercerá un efecto tractor sobre la industria de equipos y componentes para automoción.*
- 15) *Promover los estudios y ensayos de viabilidad de la sustitución de los trenes diesel por trenes de pila de combustible de hidrógeno para su circulación por líneas parcialmente o no electrificadas, en línea con propuesto en la Estrategia Europea del Hidrógeno.*
- 16) *Determinar medidas para el desarrollo de una infraestructura nacional ferroviaria de repostaje de hidrógeno*
- 17) *Desarrollar una legislación específica para hidrogeneras, que concrete los requisitos administrativos y delimite los permisos necesarios para su construcción y gestión.*
- 18) *Incluir la implantación de hidrogeneras dentro de las actuaciones subvencionables en los futuros Planes MOVES o similares, con especial énfasis en la construcción de hidrogeneras estratégicas que favorezcan la progresiva penetración del hidrógeno en flotas logísticas*

19) Equiparar la consideración de las hidrogeneras a las tradicionales estaciones de servicio desde la perspectiva del suelo, de forma que se puedan introducir surtidores de hidrógeno en las estaciones de servicio actuales.

Transporte marítimo

20) Crear reglas que clarifiquen y simplifiquen el proceso de homologación y/o certificación de buques con pilas de combustible y cámaras de combustión de hidrógeno para uso marítimo, y unificar las mismas con las normativas europeas en la materia

21) Determinar medidas para el desarrollo de una infraestructura nacional portuaria de repostaje de hidrógeno.

22) Establecer acciones para promover y fomentar el uso de nuevas tecnologías cero emisiones en las costas y puertos nacionales.

23) Destinar ayudas de la SGIPYME al sector naval para el impulso de la utilización de la tecnología del hidrógeno en la construcción de buques en nuestro país, en proyectos de I+D+i con la participación de los astilleros

Transporte aéreo

24) Fomentar el desarrollo de plantas de producción de queroseno sintético producido a partir de hidrógeno renovable o biocombustibles de nueva generación para descarbonizar el transporte aéreo.

25) Analizar las condiciones necesarias para el rediseño y modificaciones pertinentes que permitan la utilización de aeronaves que empleen combustibles sintéticos a partir de hidrógeno renovable o biocombustibles de nueva generación.

26) Establecer requisitos ambientales en los pliegos técnicos que regulan los contratos de los agentes de handling que prestan servicios de asistencia en el lado aire de los aeropuerto

Integración de los vectores energéticos

27) Establecer una base legal para las plantas energéticas de Power to X (P2X) y las instalaciones de electrólisis.

28) Clarificar el marco operacional para que los electrolizadores participen en los servicios de ajuste necesarios para garantizar un suministro adecuado del sector eléctrico, así como las bases legales para su participación.

29) Flexibilizar el uso de hidrógeno verde en motores de plantas de generación y cogeneración, proporcionando una mayor garantía de suministro al sistema eléctrico.

30) Revisar los aspectos técnicos, regulatorios y de calidad de los gases necesarios para la inyección y el uso de hidrógeno en la red de gas natural, con especial énfasis en el uso de determinadas instalaciones existentes para el transporte y/o almacenamiento dedicado de hidrógeno renovable.

- 31) Evaluar simultáneamente la necesidad de modificar los dispositivos que utilizan gas en la industria y en la generación de electricidad para permitir un funcionamiento seguro con concentraciones mayores de hidrógeno renovable*
- 32) Realizar un análisis prospectivo de las necesidades de adecuación de equipos de gas para uso doméstico (calderas, calentadores etc.) para permitir la integración gradual del hidrógeno renovable.*
- 33) Evaluar conjuntamente las implicaciones para vehículos de gas natural derivadas del uso de una mezcla enriquecida con H₂ (HGNC).*
- 34) Analizar la viabilidad de producción de hidrógeno renovable a partir de residuos*

PROPUESTAS SECTORIALES CYL

Fomentar y financiar proyectos de demostración, orientados al desarrollo de la infraestructura del hidrógeno.

Favorecer la adquisición y uso de vehículos con pila de combustible, mediante el acceso a plazas de aparcamiento o carriles prioritarios, la exención de impuestos, o la ayuda directa a la adquisición.

Priorizar la adquisición de estos vehículos en el establecimiento de flotas que dependan, directa o indirectamente, de la administración pública.

Desde el **punto de vista sectorial** y, más específicamente, del **sector automovilístico**, se proponen cuatro actuaciones para impulsar el uso de vehículos de energías alternativas:

- Fomentar el uso de estos vehículos mediante la creación de un entorno de participación conjunta, entre entidades públicas y privadas o incentivando iniciativas como sistemas coche compartido.
- Se apoyará la investigación por parte de los Centros Tecnológicos y Universidades, en cuanto al desarrollo de componentes y otros elementos como módulos de baterías, pilas de combustible, soluciones tecnológicas específicas de monitorización o equipos para la infraestructura de recarga.
- Desarrollar y maximizar la industrialización de componentes electrónicos auxiliares y de la infraestructura energética asociada. Se debe tratar de apostar por el desarrollo de empresas que pertenezcan al sector electrónico auxiliar, así como, por empresas que se encarguen de la innovación, desarrollo y producción en el campo de la tecnología de baterías y otros sistemas de almacenamiento eléctrico, componentes electrónicos auxiliares y de tecnologías de almacenamiento eléctrico, para la gestión de los residuos producidos y para la tecnología basada en hidrógeno.

También se debe apostar por el desarrollo de la TICs y proyectos de conducción autónoma.

c) INSTRUMENTOS TRANSVERSALES

Campañas informativas y aptitudes profesionales sectoriales

- 35) Crear un punto de información accesible (hub del hidrógeno renovable) a todos los públicos, gestionado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) para ampliar el grado de conocimiento de las tecnologías del hidrógeno y de las opciones que presenta.*
- 36) Adaptar los perfiles e inspecciones técnicas para tratar labores relacionadas con las tecnologías del hidrógeno, tales como formación para bomberos, asistentes en carretera, técnicos de talleres, así como guías y manuales que especifiquen lo relativo a estas tareas*
- 37) Impulsar el estudio de las tecnologías del hidrógeno en los planes educativos de titulaciones existentes que tengan relación temática, a nivel de grado universitario y ciclo formativo de grado medio y superior, analizando por parte de las universidades y las autoridades educativas competentes la necesidad de titulaciones específicas dedicadas al conocimiento y desarrollo del sector del hidrógeno.*
- 38) Posicionar a España en la celebración de congresos y foros de encuentros sectoriales del hidrógeno, nacional e internacionalmente.*
- 39) Realizar un análisis prospectivo de producción, logística y consumo de hidrógeno en España a 2030 y 2050 distinguiendo entre las distintas maneras de producirlo.*
- 40) Realizar un análisis de impacto socioeconómico de la materialización de la Visión 2030, en términos de contribución al valor añadido nacional, creación de empleo y conocimiento.*

Contribución a la transición justa, la lucha frente al reto demográfico y la economía circular

- 41) Potenciar nuevos núcleos energéticos de producción de hidrógeno renovable que contribuyan a evitar la despoblación rural y a conseguir los objetivos de reto demográfico, con especial atención a las regiones de transición justa.*
- 42) Trabajar para que los diferentes mecanismos de apoyo al hidrógeno ponderen entre los criterios para su adjudicación, un criterio de priorización para las zonas de Transición Justa, respetando en todo caso los principios de prudencia, proporcionalidad y de eficiencia económica para integrar la Transición Justa en las medidas de apoyo al hidrógeno.*
- 43) Buscar sinergias entre las infraestructuras energéticas de las zonas Transición Justa y las líneas de actuación de la Hoja de Ruta de Hidrógeno.*
- 44) Favorecer la producción de hidrógeno a partir de biogás sostenible en los casos en los que suponga una solución medioambiental y económicamente más eficiente que el hidrógeno renovable procedente de electrólisis, especialmente cuando el biogás proceda de residuos para los que no existan objetivos de reciclado, como los residuos agrarios e industriales.*

Actualización y renovación de la Hoja de Ruta como un proceso continuo

- 45) *Evaluar la consecución de las medidas implementadas y establecer nuevas acciones y actuaciones. Estas acciones se abordarán conjuntamente con todas las administraciones y organismos públicos de investigación en materia de hidrógeno a través de los foros actualmente constituidos para su cooperación y coordinación, como por ejemplo las Conferencias Sectoriales.***
- 46) *Actualizar la “Hoja de Ruta de Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable” en la década 2020-2030 al menos una vez cada 3 años.***

Refuerzo del posicionamiento de España en el mercado internacional del hidrógeno

- 47) *Incentivar del diálogo con Portugal, Francia y otros países de la UE para impulsar la cooperación regional en el campo del hidrógeno renovable, bajo mecanismos europeos como el Connecting Europe Facility (CEF), favoreciendo el posicionamiento de la Península Ibérica en la producción del hidrógeno renovable y el potencial suministro de futuros excedentes a otros Estados miembros de la UE.***
- 48) *Garantizar y fomentar la participación de las empresas y las instituciones españolas en los principales foros sobre hidrógeno europeos e internacionales.***
- 49) *Fomentar la participación activa de las empresas españolas en los Comités Internacionales de Normalización relativos al hidrógeno renovable.***
- 50) *Proporcionar asesoramiento y apoyo institucional a los proyectos españoles sobre hidrógeno renovable que concurran a procedimientos para acceder a mecanismos de financiación europeos como los relacionados en el Anexo I.***

PROPUESTAS CONCRETAS DE FORMACIÓN PARA CYL

Según datos VI Foro Europeo del hidrógeno, la industria ha calculado que se necesitará un millón de trabajadores para cadena de valor del hidrógeno. La Comisión Europea calcula que para el año 2030 se necesitarán 180.00 trabajadores, técnicos e ingenieros formados sólo en el subsector de fabricación de pilas de combustible.

Para alcanzar esta ambicioso objetivo, la Comisión propone poner en marcha una academia del hidrógeno en el capítulo dedicado a las cualificaciones de la propuesta de Ley de industria Red cero.

Es necesario que la industria, la educación y proveedores de formación puedan reciclar y mejorar las cualificaciones de los trabajadores necesarios para la cadena de valor del hidrógeno. Es necesaria la cooperación entre el mundo académico, las universidades y la industria. La educación y la formación deberían representar el 2% de las inversiones totales

en el sector del hidrógeno, según Luigi Creman, Presidente de Hydoregenen Europe Research

Se necesita un sistema que permita simultáneamente la formación continua y la adaptación de las personas trabajadoras a la diversificación que experimentan las empresas regionales.

Para establecer una mano de obra cualificada en la industria del hidrógeno renovable en Castilla y León, es importante que se realicen inversiones en educación y formación técnica relacionada con esta tecnología. Esto puede incluir programas de capacitación en energías renovables, tecnologías de electrólisis y sistemas de almacenamiento de hidrógeno.

Es necesario impulsar los ciclos de formación profesional afines a las tecnologías del hidrógeno verde como son: Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional, o equivalente, en las familias de Energía y agua, Electricidad y electrónica o Informática y comunicaciones.

Además, es crucial que se fomente la colaboración entre el Gobierno regional, las empresas y las Instituciones educativas para desarrollar una fuerza laboral capacitada en esta área y para apoyar la investigación y el desarrollo de proyectos de hidrógeno renovable.

Los actores industriales, con el concurso de todas las partes interesadas (trabajadores, representantes de los trabajadores y organizaciones sindicales, pero también autoridades públicas) deberían poner en práctica una metodología que permita:

- Identificar los puestos de trabajo actuales y las competencias que requieren.
- Identificar las tendencias a las que están expuestos los empleos (empleos en tensión, empleos en transformación, empleos emergentes, empleos expuestos a la reducción de efectivos o a la desaparición, empleos expuestos a trabajos penosos, a turnos, a tiempo parcial, etc.)
- Identificar los puestos de trabajo del futuro y las competencias que se necesitarán
- Definir un plan de acción destinado a garantizar la empleabilidad de todas las personas trabajadoras a través de mecanismos tales como la formación profesional, la movilidad profesional/geográfica, la transferencia de competencias, la gestión de la carrera, etc.

PROPUESTAS CONCRETAS DIVULGACIÓN PARA CYL

Mantener una página web en la que se vaya informando del estado del desarrollo de la infraestructura; algo especialmente útil en el caso de la asociada al transporte por carretera.

Incrementar los esfuerzos en dar a conocer la tecnología a todos los actores de aquellos sectores que van a tener algo que decir y por supuesto a los usuarios finales, que somos todos.

Dar a conocer los atractivos de la Región para atraer a otras empresas que puedan asentarse en la Comunidad.

Utilizar la asociación de centros tecnológicos como palanca para el desarrollo del tejido empresarial a través de la transferencia de tecnología.

Sensibilizar a las empresas respecto a la sostenibilidad.

Dar visibilidad a las capacidades de los centros tecnológicos e infraestructuras científicas y tecnológicas singulares de la Comunidad.

PROPUESTAS DE COLABORACION PARA CYL

En lo relativo a redes de conocimiento, sería de especial importancia la creación de redes de intercambio de información, de evaluación conjunta de resultados de proyectos, de realización de estudios específicos o pruebas (centros de análisis y ensayo), así como de centros de certificación y homologación.

Sería muy conveniente también perseguir el “hermanamiento” de estas redes con sus homólogos europeos e internacionales, algo habitual en universidades y centros de investigación, y de especial relevancia en este ámbito.

En lo que a “capacidades científicas y tecnológicas” a desarrollar, una lista no exhaustiva, podría ser:

- Tecnología y conocimiento en materiales (catalizadores, adsorbentes para purificación, sustancias para almacenamiento de hidrógeno, materiales resistentes a corrosión y ambientes agresivos).
- Electrónica de potencia.
- Sistemas de gestión y control.
- Integración térmica.
- Desarrollo de instrumentación y de sistemas de medida.

Todas ellas son disciplinas con gran carácter científico-técnico, que pueden dar lugar a una ventaja competitiva, mejorando la tecnología, permitiendo el desarrollo de propiedad intelectual e industrial, etc.

De especialización en determinados sectores de la tecnología, especialmente en aquellos relacionados con la producción de hidrógeno renovable y local, o el almacenamiento energético (de origen renovable) empleando estas tecnologías.

De cadena de valor, para asegurar que los centros de investigación, empresas y demás agentes del conocimiento contribuyan al desarrollo de productos y servicios que sean solicitados por el mercado.

De adhesión al territorio, de modo que Castilla y León sea un referente geográfico en el ámbito de estas tecnologías.

De creación de riqueza y desarrollo de la economía, apostando por un sistema energético, basado en hidrógeno y pilas de combustible, local y sostenible.

Incrementar la transferencia tecnológica desde los sectores de conocimiento (universidad y centros de investigación) hacia las empresas.

Debe de haber colaboración en el conocimiento, en forma de know-how, número de patentes, centros de investigación que se encuentran involucrados en la materia, y empresas.

Se deben establecer contactos y relaciones con los principales actores del sector, a través de acuerdos en las áreas estratégicas.

Impulsar y facilitar la participación de empresas y grupos de investigación castellano leoneses en organismos, cuerpos y asociaciones de carácter nacional e internacional.

Promover y facilitar redes de conocimiento, que faciliten la transmisión de know-how dentro de la cadena de valor.

Promover foros de trabajo y puntos de encuentro entre los diferentes agentes; creación de una **“Mesa Castellano leonesa del Hidrógeno”**. En la que participen las administraciones locales, empresas promotoras de proyectos de producción de energías renovables, consumidoras y manipuladoras de hidrógeno que permitan la creación de polos de consumo de hidrógeno, agentes sociales (asociaciones empresariales y sindicatos), como tiene la Comunidad de Andalucía, donde la Consejería de Industria, Energía y Minas tiene constituida la Comisión de Participación de la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde cuyo objetivo es favorecer un ecosistema industrial en torno al hidrógeno renovable.

Participar en las comisiones y grupos de trabajo que se formen a nivel nacional para la futura revisión o creación de una nueva normativa que clasifique la actividad industrial de

las instalaciones de producción de hidrógeno renovable próximas a las instalaciones en donde se vaya a consumir.

Fomento de asociaciones público-privadas para compartir conocimientos, recursos y buenas prácticas para acelerar el desarrollo de tecnologías de hidrógeno, como la Asociación castellano y leonesa del hidrógeno.

Posibilidad de la creación de una Fundación, como la comunidad de Aragón que cuenta desde hace muchos años con la Fundación de Hidrógeno de Aragón, que se trata de un centro de investigación de carácter privado y sin ánimo de lucro cuyo fin último es el de promocionar el empleo del hidrógeno como vector energético, con el apoyo de la industria aragonesa y entidades de diferentes sectores de actividad.

d) IMPULSO A LA I+D+i

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

- 51) Propiciar el desarrollo nacional de electrolizadores de grandes potencias (100 MW), que dispongan de mejores márgenes de eficiencia y rentabilidad, así como impulsar su fabricación en masa y la aplicación de nuevos materiales.***
- 52) Crear una línea de financiación exclusiva para proyectos de la cadena de valor del hidrógeno renovable en los sucesivos Planes Estatales de Investigación Científica y Técnica y de Innovación.***
- 53) Fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico empresarial en la economía del hidrógeno renovable a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) como impulsor de proyectos y facilitador de la internacionalización de la innovación.***
- 54) Reforzar el papel del Centro Nacional del Hidrógeno (CNH2) como centro de I+D+i público de referencia.***
- 55) Fomentar la I+D+i en las tecnologías de reciclado de electrolizadores, pilas de combustible y otros sistemas y componentes utilizados en la cadena de valor del hidrógeno.***
- 56) Impulsar el desarrollo de tecnologías de producción de calor basadas en hidrógeno, incluyendo la cogeneración y la cogeneración mediante pilas de combustible.***
- 57) Abogar en la Unión Europea por la creación de líneas de financiación exclusivas para la I+D+i de las tecnologías de la cadena de valor del hidrógeno renovable.***
- 58) Facilitar la demostración de tecnologías innovadoras basadas en el hidrógeno renovable mediante el lanzamiento de convocatorias en el marco del Fondo de Innovación del Régimen de Comercio de Emisiones y de la Clean Hydrogen Alliance, de acuerdo con lo establecido en la Estrategia Europea del Hidrógeno.***
- 59) Impulsar, en el medio plazo, un Centro de Excelencia para la investigación en almacenamiento energético, con especial énfasis en el almacenamiento mediante hidrógeno renovable, en línea con lo establecido en la Estrategia de Almacenamiento.***

60) Evaluar el potencial de las turbinas de hidrógeno para su utilización en el transporte aéreo, permitiendo minimizar las emisiones de NOx derivadas del uso del combustible.

PROPUESTA I+D+i CYL

Es evidente la necesidad de aumentar la inversión en investigación y desarrollo para reducir costes que permitan una economía de escala. Esto implica aumentar la financiación de proyectos de hidrógeno limpio, pero también en proyectos de innovación y programas de colaboración entre organizaciones.

Hay que incentivar la financiación en el medio y largo plazo y establecer mecanismos que permitan el acceso a esa financiación para los proyectos de innovación, como garantía para el desarrollo de la investigación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que dadas las necesidades de inversión y los costes operativos para la producción de hidrógeno limpio cerca de los centos industriales, en muchas ocasiones no va a ser posible. Por ello es importante tener en cuenta las zonas que puedan salir perjudicadas en esta transición, de tal manera que puedan acceder a la financiación necesaria para modernizar sus infraestructuras y adaptar su base industrial al uso de hidrógeno verde.

Facilitar la entrada de las Pymes en el sector, mediante líneas específicas de ayudas a la transferencia del conocimiento y a la creación de clusters. A este respecto, deben recibir un apoyo adecuado y eliminarse las trabas a la creación y el desarrollo de empresas, con objeto de incrementar el número de nuevas empresas. Debe facilitarse el acceso a la financiación para las empresas de nueva creación y las PYMEs, en particular a través de instrumentos financieros reembolsables. Debe facilitarse un apoyo a medida a las PYMEs para su acceso a los mercados exteriores.

7. CONCLUSIONES

A lo largo del presente informe se ha podido vislumbrar la multitud de beneficios y oportunidades que podría tener la implantación de una infraestructura basada en el hidrógeno verde en nuestra Comunidad.

Beneficios que van desde la sostenibilidad ambiental, reduciendo emisiones a la atmósfera, especialmente en sectores difíciles de descarbonizar, como la industria pesada y el transporte de larga distancia. Pasando por la creación de empleo, entendida no solo como la creación de nuevos puestos de trabajo, sino también como la manera de evitar que se pierdan otros, al producirse cambios sectoriales asociados con estas tecnologías; hasta una modernización de los medios de producción, que conllevará también importantes inversiones tanto en la implantación de medios como en el desarrollo de capital humano.

Sin embargo, a pesar de sus múltiples beneficios aún son muchos los desafíos que se nos presentan.

- La eficiencia del proceso de electrólisis ha mejorado, pero aún es necesario abordar **desafíos tecnológicos** para aumentar la eficiencia y reducir los costos asociados con la producción de hidrógeno verde.
- Se requieren **inversiones** significativas en infraestructuras de producción, almacenamiento y distribución para aprovechar al máximo el potencial del hidrógeno verde. El objetivo es poder transformar la industria para que sea capaz de atender las necesidades de equipamiento y productos que el sector del hidrógeno demandará.
- Desarrollar **métodos eficientes y seguros de almacenamiento** es esencial para garantizar un suministro constante y fiable.
- Los **costos de producción** del hidrógeno verde son también un desafío, para poder hacer competitivo este mercado. En el caso que nos ocupa, la competitividad de **esta tecnología requiere una escalabilidad que mejore los costes** tanto de inversión como de operación, así como la definición de la regulación necesaria para tratar al hidrógeno con el nuevo enfoque que se le está dando.
- La **investigación y los avances tecnológicos** y el desarrollo continuo son cruciales para mejorar las tecnologías de electrólisis y reducir los costos asociados.

Por supuesto, también la **formación** es otro desafío, ya que es crucial capacitar a los técnicos que va a necesitar el sector de aquí a corto plazo.

Otra cuestión que hay que poner en una balanza, es el hecho de que el sistema energético renovable apueste de forma prioritaria por la generación cerca del consumo frente a un sistema de grandes centrales e infraestructuras como continuidad del modelo actual.

Ante esto desafíos debemos tener en cuenta una serie de cuestiones clave:

- Las **inversiones gubernamentales y la colaboración entre sectores público y privado** son esenciales para acelerar la adopción y hacer que el hidrógeno verde sea competitivo frente a otras fuentes de energía.

- La implementación exitosa del hidrógeno verde dependerá en gran medida de **políticas y regulaciones favorables que fomenten la inversión** y la adopción a gran escala.

- Los **incentivos financieros y fiscales** van a desempeñar un papel crucial en el impulso de la industria del hidrógeno verde.

Debido a los importantes costes de inversión, así como al aumento de los costes de funcionamiento, los proyectos correspondientes (de investigación y demostración) deben de contar con una financiación adecuada tanto a nivel nacional como europeo. Los sistemas de apoyo deben abarcar los distintos elementos de la cadena de valor del hidrógeno. Las autoridades públicas juegan un papel específico que desempeñar en este contexto para acelerar el despliegue de las infraestructuras de transporte y almacenamiento necesarias a través de la inversión pública.

Es necesario establecer **objetivos intermedios**, un análisis de la demanda real de hidrógeno a corto y medio plazo, la clarificación de la electricidad renovable necesaria y sus precios aproximados.

La demanda de hidrógeno solo puede activarse mediante políticas que garanticen que los nuevos usos del hidrógeno son comercialmente atractivos. Al mismo tiempo, las políticas para la nueva demanda de hidrógeno deben compararse con las de otros combustibles y soluciones de almacenamiento de energía de emisiones bajas o nulas. A este respecto, en nuestra Comunidad no debemos perder de vista el potencial que tiene el Biometano. El biohidrógeno es otra tecnología más para lograr la descarbonización, en territorios como el nuestro en una línea que tiene tener que recorrido tanto por los cultivos como por la superficie cultivada.

No se puede incrementar la oferta y las infraestructuras de transporte sin fomentar la demanda, priorizando que sea sostenible la actualmente existente. A largo plazo, es crucial una evaluación detallada de la demanda potencial de hidrógeno que sería necesaria para un sistema energético 100% renovable de alta eficiencia y mínimo coste.

Para CCOO los gobiernos tanto nacional como regional deben asumir un papel activo, que, más allá de su función como regulador y proveedor de financiación al sector privado, impulse el desarrollo de ciertos sectores, incluso a través de la participación en el capital de ciertas empresas y la promoción de empresas públicas en sectores estratégicos, en particular en el ámbito energético.

Este proceso de transición debe abordarse a través del diálogo, por lo que se propone la creación de órganos de participación de trabajadores y empresas en la elaboración de los Planes de Actuación Ambiental como herramienta para diagnosticar el impacto medioambiental y la adopción de medidas, incorporando el medio ambiente en las políticas de empresa e incluyendo actuaciones de formación, ahorro y eficiencia energética, sustitución de combustibles fósiles, fomento de energías renovables y autoconsumo, reducción y reutilización de residuos, movilidad sostenible, gestión del agua, etc. En concreto, se propone crear Comités de Sostenibilidad Ambiental y constituir la figura del delegado de medio ambiente.

Asimismo, se destaca la importancia fundamental del capital humano para facilitar la adaptación a los cambios tecnológicos necesarios. Por ello, además de la mejora del sistema público de formación profesional y universitaria, se propugna un gran Pacto de Estado por la Cualificación que refuerce la coordinación entre las diferentes administraciones y los sectores productivos y facilite la prospección y detección de necesidades formativas, así como la configuración de Planes de Formación sectoriales y en el ámbito de la empresa, con la participación de todas las partes.

Por otra parte, se considera prioritario abordar la reforma fiscal, en particular en la tributación energética y del transporte y para avanzar hacia un sistema más solidario. Para ello, es esencial aumentar la transparencia, en particular sobre los beneficios de las empresas.

También son necesarias medidas que faciliten una transición justa, teniendo en cuenta los sectores más vulnerables y las características territoriales, para fijar población en zonas rurales y contribuir a la vertebración y la cohesión.

En resumen, el hidrógeno verde tiene el potencial de desempeñar un papel fundamental en la transición hacia una economía baja en carbono, pero su éxito dependerá de avances tecnológicos continuos, inversiones significativas, políticas sólidas y una colaboración efectiva entre los sectores público y privado. Por lo que el apoyo político, el marco regulatorio y los incentivos financieros tendrán un papel crucial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Castellano y Leonesa del hidrógeno, (2023), *Hoja de ruta del hidrógeno renovable para Castilla y León*, Asociación castellano y leonesa del hidrógeno.
- Asociación Española del Hidrógeno, (2023), *Análisis del censo de proyectos*, Asociación Española del Hidrógeno.
- Bidasoro, J. (2023), *El mercado del hidrógeno en Bélgica*, Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bruselas.
- Brey, JJ. y Castro, Á. (2015), *Estrategia de desarrollo del hidrógeno en Andalucía en el ámbito de la Ris3*, Asociación Española del Hidrógeno.
- Consejo Económico y Social de Castilla y León, (2023), *Informe sobre la Situación Económica y Social de Castilla y León en 2022*, Consejo Económico y Social de Castilla y León.
- Coloma, M, (2021), *Trabajo fin de grado: El vehículo de hidrógeno. Almacenamiento de hidrógeno en polímeros de microporosidad intrínseca (PIMs)*, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid.
- CCOO de Industria, Fundación primero de mayo, (2023), *Transición industrial para abordar el cambio energético y de modelo productivo*, Instituto de Estudios Sociales y Económicos sobre la Industria.
- Campos, JM, (2022), *Modelado en Dinámica de Sistemas del Sector del Hidrógeno en la Transición Energética Escuela de Ingenierías Industriales*, Universidad de Valladolid.
- Comisión Europea, (2023), *Impulso del hidrógeno mediante un banco europeo del hidrógeno*, Comisión Europea.
- Comisionado para la Ciencia y la Tecnología, (2021), *Estrategia de investigación e innovación para una especialización inteligente (ris3) de Castilla y León 2021-2027*, Junta de Castilla y León.
- Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Castilla y León, (2022), *Encuesta industrial de productos de Castilla y León*, Junta de Castilla y León

- DEKRA Advisory and Training (2023), *Los retos de seguridad de las energías alternativas: ¿Estamos preparados para gestionar los riesgos del hidrógeno verde?*
- IndustriAll European Trade Union, (2020) Document adopted by the industriAll Europe Executive Committee , The Role of Clean Hydrogen in achieving a Just Transition to a climate neutral industry, IndustriAll European Trade Union.
- INERCO, (2021), *La seguridad en la industria del hidrógeno verde*, Gerencia de Riesgos y Seguros.
- ENAGAS, (2022), *Plan Estratégico 2022-2030*, ENAGAS.
- ENTE PÚBLICO REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN (EREN) Informe de Actividades – 2021
- Ente Regional de la Energía de Castilla y León, (2021), *Estrategia de eficiencia energética de Castilla y León – 2030*, Junta de Castilla y León.
- Escribano, G. y Urbasos, I (2023), *La dimensión internacional de la visión española del hidrógeno*, Real Instituto Elcano.
- Escribano, G. y Urbasos, I, (2022), *La geopolítica del hidrógeno renovable en España: implicaciones internacionales y reconfiguración regional*, *Hidrógeno renovable, mapa energético peninsular, desarrollo regional*, Panorama Social, n.º 36.
- European Clean Hydrogen Alliance (2023), *VI Foro Europeo del Hidrógeno*, European Clean Hydrogen Alliance.
- European Clean Hydrogen Alliance, (2022), *Allanar el camino para la autorización de proyectos de hidrógeno en la Unión Europea: Obstáculos y recomendaciones*, European Clean Hydrogen Alliance.
- European Clean Hydrogen Alliance, (2021), *La alianza europea por un hidrógeno limpio informa de las mesas redondas de la alianza sobre barreras y medidas de mitigación*, European Clean Hydrogen Alliance,
- Fundación renovables, Greenpeace, (2023), *Desmontando el hidrógeno: H2MED coartada para una falsa transición energética*, Fundación renovables, Greenpeace.
- George, N. (2020) *Green hydrogen in Europe - A regional assessment: Substituting existing production with electrolysis powered by renewables*, Energy Conversion and Management.

- Gobierno de España, (2022), *PERTE Descarbonización industrial*. Resumen Ejecutivo
- Gobierno de España, (2021), *PERTE de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento*, Gobierno de España.
- Gobierno de España., (2021), *Componente 9: Hidrógeno renovable: Un proyecto país*. Gobierno de España.
- Gobierno de España, Junta de Castilla y León, (2020), *Programa de Castilla y León FEDER 2021-2027*, Junta de Castilla y León
- Grupo de Trabajo de Transición Ecológica STEyDT de UU.TT.,(2023), *Proyecto H2Med*, Confederación sindical de comisiones obreras.
- Instituto para la Competitividad Empresarial - Junta de Castilla y León, (2023), *Estrategia de emprendimiento e innovación de Castilla y León 2027*, Junta de Castilla y León.
- Interreg España- Portugal, Circular Labs, (2020), *Estudio del metabolismo económico de castilla y león informe final*, Interreg España- Portugal, Circular Labs.
- Martín, A (2023), Trabajo fin de grado: *Diseño y control de un sistema de generación de hidrógeno*, Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid.
- Montalvá, S. y otros, (2015), *Oportunidades de la Economía del Hidrógeno para las PYME en Andalucía*, Asociación Española del Hidrógeno.
- Prieto, MG, (2023), *Trabajo fin de grado: Nuevos combustibles gaseosos: Tecnologías de producción de hidrógeno*, Escuela de ingenierías industriales, Universidad de Valladolid.
- Lejarraga, J. B. S. P. (2022). *Estrategias nacionales sobre hidrógeno: una visión comparada*. *Economía industrial*, (424), 33-48.
- Rupérez, M (2023) *El hidrógeno verde, ¿burbuja o una realidad energética? Analizando la rentabilidad del sector*, OBS Business School.

Páginas Web consultadas:

<https://www.elcomercio.es/economia/red-permitira-traer-hidrogeno-asturias-suma-apoyos-20231019003316-nt.html>

<https://hidrogeno-verde.es/banco-mundial-y-socios-piden-impulsar-h2-verde/>

<https://www.epe.es/es/activos/20231021/valle-hidrogeno-verde-motor-desarrollo-93590143>

https://www.aeh2.org/wp-content/uploads/2023/07/AeH2_Informe-Censo-de-Proyectos.pdf

<https://www.epe.es/es/activos/20230915/hydeal-retrasa-2028-produccion-hidrogeno-92130404>

<https://www.leonoticias.com/comarcas/robla-aportara-hidrogeno-20230228193045-nt.html>

<https://hidrogeno-verde.es/informe-2023-aie-hidrogeno/>

<https://felipebenjumeallorete.com/los-planes-regionales-del-hidrogeno-en-espana/>

<https://www.funcas.es/articulos/la-geopolitica-del-hidrogeno-renovable-en-espana-implicaciones-internacionales-y-reconfiguracion-regional/>

<https://comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100Detalle/1284877983892/NotaPrensa/1285191415948/Comunicacion>

<https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/agua/potencia-instalada-agua>

<https://www.investinspain.org/es/regiones/castilla-y-leon/razones-para-invertir?#nameRegion>

https://www.elconfidencial.com/medioambiente/energia/2023-10-20/futura-red-europea-transporte-alemania_3757266/?utm_source=ActiveCampaign&utm_medium=email&utm_content=%F0%9F%9F%A2+H2+ReNewsletter+%F0%9F%9F%A2+octubre&utm_campaign=OCTUBRE+H2+RENEWSLETTER

<https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/la-seguridad-en-la-industria-del-hidrogeno-verde/>

Agradecimientos.

Emilio Nieto Gallego, Director Centro Nacional de Hidrógeno.

Javier Robador Fustel, Gerente H2CYL, Asociación Castellano y Leonesa del Hidrógeno

Natalia Ortega Gil-Fournier y Jesús Manuel Alegre Calderón, Universidad de Brugges.