

# PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO Y DE LAS PILAS DE COMBUSTIBLE



## ANÁLISIS DEL SECTOR DESDE LA PERSPECTIVA DE LA I+D+I

RESULTADOS DE LOS GRUPOS DE TRABAJO TÉCNICO 2020

DICIEMBRE 2020



Proyecto PTR-2018-001103

# SOBRE LA

# PTE HPC

La Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE HPC) es una iniciativa promovida por la [Asociación Española del Hidrógeno](#) y amparada por la [Agencia Estatal de Investigación \(Ministerio de Ciencia e Innovación\)](#).



En la Plataforma participan numerosas entidades del panorama nacional cuyas actividades guardan algún tipo de relación con las tecnologías del Hidrógeno y las Pilas de Combustible. Estas entidades aportan su **experiencia, conocimiento y visión en la elaboración de documentos que permitan establecer las directrices científicas, tecnológicas e industriales** que deban adoptarse para facilitar la incorporación de estas tecnologías, de forma que no sólo se den soluciones energéticas sino que al mismo tiempo se impulse un nuevo sector industrial y de servicios tecnológicos.

En líneas generales, la Plataforma dota a las entidades de opinión acerca de innovación, les proporciona valiosa información y facilita su integración en una posición privilegiada en el sector nacional del hidrógeno y de las pilas de combustible

Entre los objetivos específicos de la PTE HPC y las funciones que se llevan a cabo, hay que destacar:

- Plantear la estrategia nacional de I+D+i del sector, a corto, medio y largo plazo.
- Asesorar a las Administraciones y a los representantes nacionales.
- Relacionarse con los sectores limítrofes para plantear estrategias conjuntas.
- Estudiar problemas específicos relacionados con la estrategia tecnológica.
- Impulsar proyectos estratégicos de I+D+i.
- Establecer alianzas para fortalecer el progreso tecnológico.
- Fomentar la actividad empresarial.
- Considerar el posible impacto económico.
- Mejorar la coordinación de acciones internas y externas de los sectores nacionales interesados.
- Información, divulgación y coordinación relacionadas con actuaciones comunitarias (Séptimo Programa Marco, Iniciativa Tecnológica Conjunta de Hidrógeno y Pilas de Combustible, etc...).



[WWW.PTEHPC.ORG](http://WWW.PTEHPC.ORG)



## NOTA PREVIA

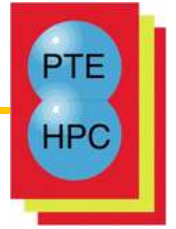
El objetivo de este documento es la recopilación de la información generada en el seno de los Grupos de Trabajo (GTs) de la PTE HPC en el año 2020.

Esta información es relativa al ámbito de actuación de dichos grupos: producción de hidrógeno, almacenamiento y distribución de hidrógeno, transporte (vehículos e infraestructuras) y usos del hidrógeno.

Las aportaciones fueron realizadas por los distintos componentes de los cuatro grupos, dinamizadas por los coordinadores de los mismos y ordenadas, recopiladas y transcritas por la secretaría técnica de la PTE HPC.

Entre otros, los GTs llevaron a cabo un análisis de Key Performance Indicators (en adelante, KPIs) establecidos por estrategias/planes a nivel europeo/nacional, para la implementación y la promoción de las tecnologías de hidrógeno y pila de combustible, para los que se pidió una valoración sobre el alcance de los mismos, en plazos determinados, en base a las actuales capacidades tecnológicas españolas.

En ningún caso, este documento pretende ser un análisis exhaustivo y de rigor científico respecto a las tecnologías asociadas a cada área de estudio de los Grupos de Trabajo. El objetivo es mostrar las conclusiones alcanzadas en las reuniones de los grupos de trabajo de esta Plataforma a lo largo de 2020, resultantes exclusivamente de las opiniones y/o experiencias de las entidades que conforman los grupos, y que se citan en el anexo.



## METODOLOGÍA

Como actividad previa a la celebración de las reuniones de los cuatro Grupos de Trabajo, celebradas en el último trimestre de 2020, la Secretaría de la PTE HPC circuló un formulario para su cumplimentación, en base al cual desarrollar, a título individual, el análisis de cada GT siguiendo tres líneas claras:

- Posicionamiento respecto a la situación nacional en I+D+i en Hidrógeno y Pilas de Combustible.
- Posicionamiento respecto a los objetivos europeos/nacionales en Hidrógeno y Pilas de Combustible (KPIs).
- Capacidades en I+D+i del sector en España.

La compilación de los datos facilitados a título individual se extrapoló a una serie de conclusiones que representarían el posicionamiento conjunto de cada Grupo de Trabajo de la PTE HPC, resultante de:

1. Recopilación general de propuestas, y aprobación por mayoría simple en las reuniones de los GT:

### BARRERAS

*Dificultades de implementación, fomento y acceso a las tecnologías de hidrógeno en España.*

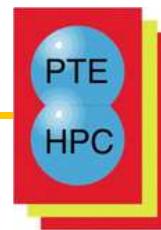
### MEDIDAS

*Medidas de actuación necesarias para reducir o eliminar los obstáculos derivados de las barreras de entrada*

2. Media ponderada de resultados directos y subjetivos proporcionados para los KPIs, y aprobación del resultado en las reuniones de los GT (detalle de la metodología en el anexo).

### KPIs Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

*Principales indicadores propuestos a nivel nacional/europeo para las tecnologías europeas y capacidades disponibles para su alcance.*



# ANÁLISIS DEL SECTOR DESDE LA PERSPECTIVA DE LA I+D+I

Nos encontramos en un momento cambiante para el sector de hidrógeno y de las pilas de combustible, en el que, cada vez más, esta tecnología es reconocida desde la Administración Nacional y la Unión Europea como herramienta fundamental para alcanzar un futuro descarbonizado con un sistema energético sostenible basado en energías renovables.

La Comisión Europea publicó, el 8 de julio de 2020, la "EU Hydrogen Strategy" y la "EU Strategy for Energy System Integration", dos herramientas clave para alcanzar los objetivos del "Green Deal" y la neutralidad climática a 2050. Adicionalmente, se ha lanzado la "Clean Hydrogen Alliance" para contribuir a la implementación de la estrategia del hidrógeno.

Por su parte, España también reconoce la necesidad de establecer un plan específico para el desarrollo del hidrógeno, y así lo indica en el proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética. Desde el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) se ha puesto en marcha la elaboración de la Estrategia de Almacenamiento y se ha publicado la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable, propuestas clave para alcanzar los objetivos de descarbonización y participación de energías renovables en el sistema energético establecidos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima PNIEC 2021-2030.

## OBJETIVO

Uno de los objetivos principales de la PTE HPC es agrupar y coordinar los intereses en I+D+i de los agentes que componen el sector del hidrógeno y pilas de combustible, con el fin último de trasladarlos a las Administraciones Públicas con competencias en el sector, y **facilitar que los programas y estrategias nacionales, y la definición de un marco regulatorio, se alineen con las demandas reales del sector.** En este contexto, en vista de las nuevas estrategias que han sido publicadas, y en pro del sector que representa, desde la PTE HPC hemos querido conocer la opinión de los miembros de la Plataforma en relación con la situación actual del sector, y su posicionamiento del mismo respecto a los objetivos planteados para España y para Europa en el futuro próximo: aspectos que se deben contemplar o reforzar necesidad de herramientas de apoyo adicionales, etc. Con el objetivo de conocer las capacidades de los miembros para implementar estas estrategias, desde la PTE HPC también se ha recopilado la información respecto a las líneas de actividad actuales de nuestros miembros, y su posicionamiento en la cadena de valor.

# RESULTADOS DEL ANÁLISIS

## BARRERAS

Dificultades de implementación, fomento y acceso a las tecnologías de hidrógeno en España.

## MEDIDAS

Medidas de actuación necesarias para reducir o eliminar los obstáculos derivados de las barreras de entrada

## KPIS Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Principales indicadores propuestos a nivel nacional/europeo para las tecnologías del hidrógeno, y de las capacidades nacionales actuales para su alcance.

# ECONOMÍA / MERCADO

## BARRERAS

Entre las barreras identificadas en el ámbito economía/mercado, que afectan a la puesta en marcha de iniciativas y proyectos de I+D+i, destaca el **elevado coste de los equipos**, debido principalmente a la ausencia de economía de escala y a la **carencia de un mercado nacional y de empresas tractoras** con intereses en la implantación de las tecnologías.

El **coste económico del hidrógeno verde se considera elevado, y poco competitivo** debido al elevado coste actual de los electrolizadores y de la electricidad renovable que se usa para producirlo. Además, existe una **falta de motivación económica para el empleo del hidrógeno renovable** en la descarbonización de la industria, entre otros motivos, porque el precio del hidrógeno de origen fósil no está aún penalizado con una tasa por emisión de CO<sub>2</sub>.

Encontramos también **costes significativos asociados a la red de conexión al sistema gasista español** (transportistas, distribuidores y comercializadores), y a **conexiones internacionales, costes de peaje** de acceso a dicho sistema y de **peaje de electricidad renovable**.

Hasta la fecha, la **financiación en I+D+i, tanto pública como privada, se considera escasa** y se da un importante retraso con respecto a aquellos países que ha establecido a las tecnologías de hidrógeno como prioritarias con anterioridad como Estados Unidos, Japón, Noruega, Alemania, Gran Bretaña o Francia.

Asimismo, el despliegue tecnológico se ve afectado por las limitaciones en el suministro de hidrógeno, así como la falta de apoyo al autoconsumo. Por último, se considera que **las medidas y estrategias parecen excesivamente centradas en el hidrógeno verde sin tener en cuenta caminos alternativos para obtener hidrógeno renovable** como lo es a través de biomasa, biogás o biocombustibles, que, no olvidemos, también podrán dar lugar a H<sub>2</sub> denominado como "verde", en la medida en que se desarrolle una metodología que así lo acredite.

## MEDIDAS

La medida principal para combatir las barreras identificadas para las tecnologías de hidrógeno es el **fomento de la inversión, tanto pública como privada**, especialmente en actuaciones de I+D+i que repercutan en la reducción de los costes de los electrolizadores y la electricidad, así como los asociados a la conexión de la red de hidrógeno. Se demanda crear líneas de financiación para uso final en los proyectos de interés que no dependan exclusivamente de financiación privada, así como líneas de financiación para **actividades de I+D de bajo TRL (3-5)** orientadas a conseguir un posicionamiento a nivel global y a la creación de una masa crítica local de desarrollos encaminados a la eliminación de las barreras enumeradas. Además, en línea con la iniciativa española enmarcada dentro de los proyectos europeos IPCEI, se estima que, en concreto, una de estas medidas económicas debe estar orientada a la financiación de proyectos tecnológicos de gran escala e impacto. Todo ello debería contemplarse en un programa nacional específico de apoyo a la I+D+i en hidrógeno y pilas de combustible, que demande la colaboración conjunta entre universidades, centros de investigación, empresas y Administraciones Públicas.

Independientemente de las escalas de los proyectos, los proyectos de producción de hidrógeno renovable a financiar deberán contemplar **vías alternativas y complementarias a la electrolisis (biomasa, biogás, biocombustibles, etc)**. Otra medida identificada es la de crear **incentivos fiscales y económicos** para la puesta en marcha de proyectos, especialmente para los primeros promotores y los proyectos pioneros.

En términos generales, se considera necesario desarrollar un **"mercado del hidrógeno verde"**, que permita la **creación de una red industrial para el desarrollo y fabricación nacional de productos** relacionados con las tecnologías de este vector energético y que permita, además de utilizar tecnologías probadas, aprovechar el potencial renovable disponible en España, asegurando la posibilidad de distribución de hidrógeno generado, e incrementando las exigencias de utilización del mismo tanto a procesadores intermedios, como a usuarios finales.

# TECNOLOGÍA / INFRAESTRUCTURAS

## BARRERAS

Actualmente, existen determinadas barreras que limitan la velocidad de crecimiento y desarrollo de las tecnologías e infraestructuras del hidrógeno.

Por un lado, el **número de investigadores expertos en hidrógeno en España es, todavía, reducido**. Esto, sumado a que **existen altos requerimientos técnicos y de seguridad para trabajar con este vector energético y a la actual falta de infraestructura** para el almacenamiento, transporte y repostaje de hidrógeno a nivel nacional, se convierte en una importante barrera al impulso de la I+D+i y, por consiguiente, al desarrollo industrial del sector.

Por otro lado, comparativamente con los sectores de la energía eléctrica y de la movilidad, en cuanto al conjunto de los procesos de producción, almacenamiento, transporte y distribución, **el sector del hidrógeno está aún en vías de alcanzar la eficiencia óptima**.

Además, las tecnologías de producción de hidrógeno verde por **electrolisis demandan de grandes extensiones de terreno** para alojar a las fuentes de energía renovable que alimenten a los equipos de producción, o bien la conexión con parques renovables existentes.

## MEDIDAS

Es primordial una **mayor colaboración público-privada, tanto en términos de inversión financiera como de capital humano**, para conseguir objetivos concretos y realistas que respondan a las barreras indicadas. **El apoyo a la creación de una red científico-tecnológica de I+D+i** para un eficaz avance en las tecnologías nacionales asociadas al hidrógeno, conforma otra de las medidas prioritarias. Los objetivos de la red deberán contemplar el llevar a cabo desarrollos e investigaciones coordinadas entre los sectores científico e industrial y la identificación de las capacidades disponibles y barreras (en especial de conocimiento). Así, será posible el establecimiento de una hoja de ruta con la que acordar planes de trabajo que permitan su resolución, y la creación del valor y el *Know how* necesario para darle un impulso industrial al desarrollo de estas tecnologías.

Asimismo, se considera necesario llevar a cabo un **estudio detallado de los recursos renovables disponibles en España** con alto potencial para su empeño en la producción de hidrógeno verde.

Todo ello debe pasar por **aprovechar las mejores prácticas y el conocimiento ya generado**, tanto por las entidades españolas del sector como por otros países líderes en estas tecnologías.



# NORMATIVA / REGULACIÓN

## BARRERAS

La principal barrera es la **falta de estandarización, criterios y trámites unificados**, es decir, la inexistencia de una regulación explícita del hidrógeno en la que se establezcan objetivos concretos de obtención de hidrógeno renovable y se recoja el planteamiento de los distintos agentes intervinientes para favorecer el desarrollo del mercado y una economía de escala. Ejemplo de ello es la directiva revisada de la Unión Europea sobre energías renovables 2018/2001/UE, "Renewable Energy Directive" (RED II), donde la **indefinición del texto en cuanto a los criterios de sostenibilidad del hidrógeno renovable, contribuye a aumentar la barrera normativa**.

Tampoco existe una **diferenciación en los trámites y normativa a seguir para diferentes tamaños de la instalación de producción de hidrógeno** por lo que, tanto proyectos pequeños como proyectos a escala industrial deben seguir los mismos trámites y estudios de impacto ambiental, lo que provoca un obstáculo en la actividad.

Asimismo, las barreras regulatorias asociadas a la producción del hidrógeno están directamente relacionadas a que **la producción de hidrógeno se clasifica exclusivamente como actividad de la industria química** con independencia de la tecnología de producción, y no existe una legislación sobre **certificados de origen** que permitan dar un valor añadido al hidrógeno verde por la reducción de emisión de CO<sub>2</sub>.

Otra traba a nivel reglamentario se da en el ámbito gasista. La **inyección directa de hidrógeno en la red no se contempla en la normativa actual**, y sólo se permiten niveles específicos bajo ciertas condiciones, considerándose el hidrógeno una impureza. Esta consideración, limita el uso de la red y del Power to Gas o integración de sistemas eléctrico-gasista en España.

## MEDIDAS

La primera medida reclamada por el sector del hidrógeno desde el punto de vista regulatorio, es el **abaratamiento del coste de la electricidad** mediante las exenciones de peajes y tarifas de conexión, (término de potencia). Asimismo, en el ámbito legislativo se reclama la consideración, para los procesos de producción de hidrógeno, de los **electrolizadores como convertidores de energía y no como consumidores**. Estas consideraciones contribuirían en gran medida a la viabilidad económica del proceso.

Por otro lado, la **flexibilización de las barreras regulatorias** en la producción de hidrógeno favorecería la implementación de pequeñas instalaciones de producción. En su caso, es necesario que los proyectos de I+D+i dispongan de mecanismos de autorización ágiles y específicos, diferentes de las grandes instalaciones a escala industrial. Se plantea la definición de **excepciones regulatorias** temporales para fomento de proyectos, la fijación de objetivos vinculantes y la declaración de utilidad pública para instalaciones de hidrógeno asociadas a su transporte y almacenamiento. Asimismo, se considera fundamental que se **legalicen y normalicen los certificados de origen para el hidrógeno renovable**.

El modelo regulatorio general del hidrógeno renovable debería fomentar la **integración de los sectores eléctrico y gasista como forma de aumentar la competencia al disponer de instalaciones accesibles a todos los agentes y consumidores**. Asimismo, se considera que la **regulación debería contemplar que los titulares de concesiones de almacenamiento de hidrocarburos deberían tener la posibilidad de almacenar hidrógeno**.

La **creación a nivel estatal de una secretaria de estado o similar** relacionada con las tecnologías del hidrógeno, capaz de establecer objetivos concretos, podría ser un elemento útil para coordinar e impulsar adecuadamente el desarrollo de esta nueva alternativa energética. Además, se requerirá de **nuevos marcos regulatorios y políticas públicas que establezcan regulaciones apropiadas**, por lo que se ha de llevar a cabo un intenso trabajo de **coordinación entre los representantes de políticas públicas, las diferentes industrias interesadas, el sector financiero y los institutos de investigación**.

# USUARIOS / SOCIEDAD

## BARRERAS

En el contexto social actual, en el que la descarbonización es un término bien conocido, se considera que en general hay un **gran desconocimiento del sector y la utilidad del hidrógeno**, a consecuencia de que hay una gran carencia de información en el sector privado.

Respecto de las dificultades técnicas y de seguridad existentes a la hora de almacenar y transportar hidrógeno, ya mencionadas en apartados anteriores, se percibe una **cierta susceptibilidad a este respecto por parte de los usuarios, e incluso se considera que en ocasiones alcanza perspectivas negativas**, no justificadas. Este hecho se atribuye, entre otros motivos, a la **carencia de demostradores reales**, y a la dificultad para la obtención de autorizaciones de los mismos, que permitan un mayor conocimiento por parte de las autoridades locales y la integración real del hidrógeno en el sistema energético español.

Otras barreras son las **dificultades normativas y culturales para el desarrollo de las infraestructuras** que, posibilitando la utilización del hidrógeno como vector energético, sirvan de plataforma de soporte y prueba de los desarrollos tecnológicos. Además existe la limitación derivada de una **concepción globalizada de producción de hidrógeno**, en lugar de considerar soluciones descentralizadas a todas las escalas que permitirían hacer un mejor uso de las fuentes de energía renovables y el empoderamiento de la sociedad.

## MEDIDAS

Principalmente, **fomentar la visibilidad de la tecnología y el uso de la misma desde el sector público**. Se considera de gran importancia el dar apoyo a demostradores a nivel regional y a las Administraciones locales para una mayor difusión de las tecnologías de producción, transporte y uso relacionadas con el hidrógeno. Para ello, se propone un plan público de la Administración Central coordinado con las CCAA y con las empresas para el desarrollo, la difusión, el seguimiento y su incorporación a procesos y sistemas específico para el vector hidrógeno.

Asimismo, se propone **crear una estrategia nacional de desarrollo de demostradores** que permitan arraigar la tecnología de hidrógeno y pilas de combustible en España y en su sociedad, susceptible ante los cambios que conllevan incertidumbre, más por desconocimiento que por motivos justificados.

Es fundamental, además, **impulsar planes formativos específicos en las tecnologías del hidrógeno** desde etapas tempranas de la formación académica, así como de **programas de difusión y concienciación entre los usuarios, y la población general**, que permitan dar a conocer las múltiples posibilidades y ventajas de las tecnologías del hidrógeno.

# RESULTADOS DEL ANÁLISIS

## BARRERAS

Dificultades de acceso a las tecnologías de hidrógeno en España.

## MEDIDAS

Medidas de actuación necesarias para reducir o eliminar los obstáculos derivados de las barreras de entrada

## KPIS Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Principales indicadores propuestos a nivel nacional/europeo para las tecnologías del hidrógeno, y de las capacidades nacionales actuales para su alcance.

# PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

## ANÁLISIS DE KPIS

En lo que respecta a la producción de hidrógeno, el grupo de trabajo equivalente en la PTE HPC ha analizado diversos indicadores para los métodos de producción por electrólisis del agua, biogás, fotocátalisis del agua, energía solar térmica, pirólisis y por residuos/gasificación de biomasa.

En el caso de la electrólisis, la potencia instalada de electrolizadores, que establece para 2030 la Hoja de Ruta del Hidrógeno para España, es de 4 GW. se considera que, **atendiendo a la tecnología nacional actual, es un objetivo ambicioso** y estiman más realista poder acercarse al 75% de esa previsión, combinando la tecnología nacional con la extranjera. Esta potencia instalada podría llegar a permitir que España alcance el 30% de la producción total europea de hidrógeno de origen verde.

**En términos de costes de los electrolizadores** PEMEL, AEL, SOEL y AEMEL, pese a que se espera una reducción de costes en la fabricación de equipos en España, se considera que **la tecnología propia será más costosa que la media europea, especialmente la tecnología de óxidos sólidos (SOEL)**, que, en 2030, se estima podría ser un 80% superior a media europea, en términos de €/kW. La tecnología de fabricación de electrolizadores en España está menos madura que en otros países europeos y aún no existe una economía de escala que asegure que los costes serán igualados en 2030.

Una vez evaluados los costes de producción de hidrógeno por otras vías, se concluye que **donde más podría acercarse la tecnología Española a la media europea es en producción de hidrógeno por gasificación de biomasa**, donde se estima que, en general, podría llegar a ser sólo un 6% más costosa en términos de €/kg/día.

No obstante a lo anteriormente indicado, **en términos de eficiencia, no se esperan grandes diferencias respecto a los objetivos establecidos para Europa**, considerándose alcanzable un rendimiento similar de carbono en producción de hidrógeno por pirólisis, y por gasificación de biomasa. Se estima que la capacidad de producción por energía solar térmica podría mantenerse en torno a un 20% por debajo de la media europea, hasta 2030.

Por último, el análisis de los diferentes métodos de producción concluye que, en España, **la fotocátalisis de agua, parece el que se encuentra más lejos de alcanzar los estándares europeos esperados para 2030**. Las estimaciones de los diferentes indicadores evaluados, como son la capacidad de producción, el coste de capital y la vida útil del sistema, resultan significativamente inferiores a la media europea.

Los datos obtenidos a través de la consulta realizada a los miembros del GT de Producción de Hidrógeno para los diferentes indicadores, así como la metodología seguida, se muestra en el Anexo.

## CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

El Grupo de Trabajo de Producción de Hidrógeno de la PTE HPC, que analizó y debatió sobre estos indicadores, tiene una representación mayoritaria de **entidades investigadoras, un 64% frente al 36% de empresas**. Este hecho se refleja también en la participación y conclusiones recibidas para elaborar este documento.

En lo que respecta al ámbito de actividad en I+D+i de las entidades participantes en este grupo de trabajo, **la producción por reformado de metano (SMR) y por electrólisis de agua son mayoritarias frente a otras**. El nivel de madurez tecnológica actual es superior en I+D+i en SMR, si bien se espera que a partir de 2025 existan en España varias entidades con capacidad de fabricación de plantas completas de producción por electrólisis a diferentes escalas, en TRL 9.

# ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

## ANÁLISIS DE KPIS

En cuanto al almacenamiento y distribución del hidrógeno, el grupo de trabajo correspondiente en la PTE HPC ha analizado y debatido desde su experiencia, diversos aspectos que caracterizan este área en función de los métodos/lugares de almacenamiento, así como su distribución y la tecnología necesaria para ello.

Destaca como dato general favorable que **para el año 2050 la cuota de hidrógeno en el mix energético español podría llegar a superar el 10% y almacenar en forma de hidrógeno entorno a 44TWh** de excedentes energéticos renovables, lo que sitúa a España en la media esperada para Europa, según la Estrategia "Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe (2020)".

Respecto al almacenamiento de **hidrógeno en la red de gas**, Europa marca un objetivo para 2030 de en torno al 20% de mezcla de hidrógeno permitido en las redes de distribución, y se estima que **España podría estar en torno a un 6% por debajo de este objetivo**. Sin embargo, las expectativas para el % de mezcla compatible con las redes de gas existentes resultan más favorables, alcanzando el mínimo de la franja marcada para Europa del **10-20%**. También hay cierta reticencia a pensar que el coste de almacenamiento de hidrógeno en España será en 2030 inferior a 6 €/Kg, como se espera para Europa, lo que podría no favorecer, entre otras cuestiones, la sustitución de la cuota de redes de gas natural por redes de H2 puro.

En cuanto a otros métodos de almacenamiento, en los que los costes resultan inferiores a hacerlo en la propia red de gas, en general se observa que los volúmenes esperados para 2030 distan aun bastante de los reflejados en la Hydrogen Europe SRIA (2020). Destacar que **se estima que España tiene capacidad suficiente para cumplir las expectativas europeas para 2030, en cuanto a el volumen de hidrógeno puro almacenado yacimientos depletados de gas**.

Se establecen perspectivas muy favorables en aspectos técnicos de la distribución de hidrógeno de cara a 2030, destacando la **capacidad para alcanzar la misma vida útil que la propuesta para sistemas europeos de transporte por tuberías y de remolques de H2 líquido para transporte por carretera**. No obstante, la presión alcanzable por los sistemas de tuberías y la carga útil en remolques en hidrógeno líquido, se estima que será inferior a la media esperada para Europa.

El consumo energético de los diferentes sistemas necesarios para el almacenamiento y distribución son un importante factor a tener en cuenta a la hora de abaratar costes. Por ello, se ha debatido sobre los objetivos que marca Europa para 2030, llegando a la conclusión de que la **tecnología nacional para purificación está en condiciones de alcanzar e incluso mejorar la media europea marcada, mientras que en el caso de los compresores, es posible que para entonces, aun sea ligeramente superior**. Si bien en ambos casos la mejora de la tecnología resulta evidente respecto a la situación actual.

El análisis detallado de los indicadores se muestra en el apartado anexo.

## CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

El Grupo de Trabajo de almacenamiento y distribución de Hidrógeno de la PTE HPC, que analizó y debatió sobre estos indicadores, tiene una representación **mayoritaria de entidades investigadoras, un 60% frente al 40% de empresas**. Este hecho se refleja también en la participación y conclusiones recibidas para elaborar este documento.

En lo que respecta al ámbito de actividad en I+D+i, la actividad más reseñable de las entidades participantes en este grupo de trabajo se asocia a **sistemas de almacenamiento a pequeña escala, especialmente en hidruros metálicos**, siendo TRL 4-6 el nivel medio de madurez tecnológica alcanzado para esta actividad. Por el contrario, los campos donde más **gaps en I+D se identifican se asocian a los sistemas de almacenamiento de hidrógeno en cavernas a media y gran escala y distribución marítima a pequeña escala**.



# TRANSPORTE: VEHÍCULOS E INFRAESTRUCTURAS

## ANÁLISIS DE KPIS

Respecto al transporte, el grupo de trabajo correspondiente en la PTE HPC ha analizado los indicadores relativos a los diferentes tipos de transporte que se establecen en las hojas de ruta y estrategias nacionales y europeas: FCEV de pasajeros, pesados, barcos, trenes y aviones, así como para las infraestructuras de repostaje de hidrógeno (HRS), alcanzando un consenso en cuanto a lo que se podría esperar alcanzar en España en 2050.

Ante el **objetivo europeo de alcanzar el suministro de hidrógeno al sector transporte** de un 30%, se estima que en España un % más realista sería cercano **alrededor de un 20%**. Atendiendo a las diferentes flotas según el tipo de transporte, parecen alcanzables los objetivos marcados desde el MITECO para 2030, relativos al número de vehículos FCEV, autobuses y trenes. Adicionalmente, se estima que España podría llegar a contar con **hasta el 5% de la flota europea de buques propulsados mediante pilas de hidrógeno**. No obstante para alcanzar los objetivos anteriores, será **necesario contar con tecnología extranjera**, ya que tanto en aspectos técnicos como de durabilidad de las pilas de combustible nacionales, la capacidad gravimétrica de los tanques y los costes de mantenimiento y CAPEX, la tecnología española parece que a medio plazo seguirá estando por detrás de los objetivos propuestos para Europa.

En lo que respecta al **sector aviación**, se estima que, a nivel nacional, en 2030, cuando ya se prevé que se haya certificado para uso en vuelo los sistemas de propulsión de 1,5 MW de pila de combustible a bordo, en España estarán en vías de certificación, y que para 2050 **en torno a un 3,5% del combustible de aviación empleado en España, se habrá sustituido por hidrógeno**.

Otro indicador analizado ha sido el número de estaciones de repostaje que, según la Hoja de Ruta del MITECO, habría de ser para 2030 superior a las 100. El Grupo de Trabajo estima que **España podría alcanzar algo más del 80% de esa previsión**. Asimismo, se estima que, para 2030, en España se podrá haber alcanzado la cifra de **120.000 toneladas de hidrógeno dispensado para aplicaciones de movilidad**. De igual manera que en las aplicaciones de transporte, las estaciones de repostaje nacionales habrán de fabricarse con tecnología extranjera para alcanzar los objetivos propuestos. **El consumo energético asociado a las estaciones de repostaje será próximo a la media europea en 2024 y 2030**, no obstante se estima que las estaciones fabricadas a nivel nacional no alcancen en 2030 el objetivo de tiempo medio entre averías propuesto para la media europea, siendo necesario un mayor avance en los niveles de madurez tecnológica para estar a la altura de las perspectivas europeas.

El análisis detallado de los indicadores se muestra en el apartado anexo.

## CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

El grupo de trabajo de transporte destaca por ser el que cuenta con una **mayor participación empresarial, de un 57%**.

Las actividades en I+D+i de los miembros del grupo son variadas, siendo **la más reseñable la actividad asociada a las Estaciones de Repostaje de Hidrógeno (HRS)**. **No obstante, se ha alcanzado un nivel de madurez tecnológica superior en actividades relacionadas con vehículos pesados de pila de combustible, también muy destacables entre los miembros del grupo**.

Por el contrario, la **actividad menor se asocia a industrias asociadas**, y el TRL más bajo en la actualidad se asocia al desarrollo de tecnologías de **hidrógeno para sector marítimo** (barcos). Concretamente, se identifican gaps en I+D aplicada a electrónica de potencia y sistema tractor para barcos, así como en sistemas de seguridad en industria asociada (no ha habido respuestas).

# USOS DEL HIDRÓGENO

## ANÁLISIS DE KPIS

Para terminar, el grupo de trabajo de la PTE HPC relativo a los usos del hidrógeno analizó, de modo independiente, indicadores relativos al sector energético y también a la industria, las ciudades y las viviendas. Como indicadores generales se toman el coste de producción de hidrógeno fósil y de hidrógeno renovable, que la *"Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe"* indica cercanos al 2 y al 2,5€/kg en 2050 respectivamente. En ambos casos, las expectativas sitúan a España dentro de los rangos esperados para la media europea.

En lo que respecta al **uso de hidrógeno para suministrar energía a ciudades y en edificios** de viviendas de Europa, se espera que alcance en 2050 los 579 TWh conforme al *"Hydrogen Roadmap Europe"*, de los que **España podría llegar a aportar algo más de un 6%** conforme a los miembros expertos participantes en el grupo de trabajo.

La cuota de **demanda energética para calefacción, se estima en torno al 10% en España**, frente al 18% que esperan sea la media europea en 2050. Por otro lado, **la cuota de redes de gas natural para suministro de calefacción a viviendas que será sustituida por redes de hidrógeno puro, se estima que difícilmente alcanzará la mitad del objetivo europeo del 44%**.

La **cuota de sustitución de calderas de gas por mCHPs** para uso en viviendas se estima que, en España, podrá pasar de un **6% en 2030 a un 29% en 2050, por debajo de la media europea**. Los mCHPs a desarrollarse con tecnología nacional serán significativamente más costosos que la media europea.

Todo ello se traduce en que, a 2050, **España podría contar con capacidades técnicas para alcanzar 3,6 millones de viviendas y edificios comerciales abastecidos por H<sub>2</sub>**.

Por su parte, en uso industrial, se estima que la **contribución mínima del H<sub>2</sub> a la industria, tanto como materia prima como fuente de energía, sea de un 18%**, inferior al 25% estimado para Europa en 2030.

En términos de usos energéticos, **la cuota de demanda energética global cubierta por H<sub>2</sub> alcanzable en 2050 se estima en 70 TWh, un 10%** de la demanda total estimada para España en dicho año. Para suministro eléctrico, **no se contempla que la tecnología nacional haya alcanzado una madurez comercial en lo que respecta a pilas de combustible de tipo HT-PEMFC ni SOFC**. Sin embargo, sí se estima comercialización de tecnología PEM española, a un coste mayor que los indicadores europeos, y a niveles similares de eficiencia, a partir de 2024.

## CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Por tipo de entidad, se identifica de nuevo para este grupo de trabajo una **mayoría de centros de investigación y universidades**, que representan un 59% de la participación respecto al 41% de las empresas.

Las actividades más frecuentes en I+D+i de las entidades participantes en este grupo se asocian a la **producción y almacenamiento de energía acoplados a la red eléctrica** (siendo TRL 3-4 el nivel medio de madurez tecnológica), no obstante, el **TRL medio alcanzado es superior para uso industrial del hidrógeno (5-6)**, concretamente, destacando la I+D+i en H<sub>2</sub> verde como materia prima, y **para uso residencial urbano (5-6)**, destacando los sistemas de microgeneración para uso doméstico.

No se han identificado gaps específicos en I+D+i en el ámbito de usos del hidrógeno, si bien **el menor nivel de actividad y TRL identificados se asocia a uso del hidrógeno para producción de vectores energéticos bioquímicos (ATP, NADH, etc.)**.



# Entidades participantes

ANÁLISIS DEL SECTOR DESDE LA PERSPECTIVA DE LA I+D+I  
2020

- AJUSA
- ALAUSAT
- ARIEMA Energía y Medioambiente S.L.
- Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas - Instituto de Tecnología Cerámica (AICE-ITC)
- Asociación de Investigación de la Industria del juguete, conexas y afines (AIJU)
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)
- Centro Nacional del Hidrógeno (CNH2)
- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
- Centro de Investigación Cooperativa de Energías Alternativas (CIC energiGUNE)
- Empresarios Agrupados (EMPRES)
- Enagás
- EDP
- Ercros S.A.
- Escuela de Ingeniería de Bilbao-UPV/EHU
- Fundación CIDAUT
- Fundación para el desarrollo de las nuevas tecnologías del Hidrógeno en Aragón (FHA)
- H2B2 Electrolysis Technologies (H2B2)
- I3A - Universidad Zaragoza
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)
- Instituto Tecnológico de la Energía (ITE)
- INTECSA Ingeniería Industrial S.A.
- LEITAT Technological Center
- Lomartov
- Naturgy
- Soluciones Catalíticas IBERCAT S.L.
- TCI Gecomp
- Tecnia
- Técnicas Reunidas
- Universidad Autónoma de Madrid (UAM)
- Universidad de Castilla la Mancha (UCLM)
- Universidad de Huelva (UHU)
- Universidad de León (ULE)
- Universidad de Zaragoza (UNIZAR)
- Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM)





# ANEXOS

ANÁLISIS KPIS REALIZADO POR LOS GRUPOS DE  
TRABAJO TÉCNICO PTE HPC

## METODOLOGÍA SEGUIDA PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS BASE SOBRE KPIS

Para la obtención de los datos base sobre KPIS, se han realizado cuatro modelos de formulario, uno para cada Grupo de Trabajo, que fueron enviados a los miembros de cada uno de ellos.

- **ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE H2**
- **PRODUCCIÓN DE H2**
- **USOS DEL H2**
- **TRANSPORTE: VEHÍCULOS E INFRAESTRUCTURAS**

Las respuestas recibidas se recopilaron y analizaron para cada caso en una reunión, donde se establecieron las premisas y consideraciones a tener en cuenta a la hora de realizar las medias ponderadas y sobre cómo mostrar los datos finales que se han recopilado en las tablas de este Anexo. Las conclusiones relativas al análisis de las KPIS mostradas en este documento se basan en estos datos recopilados y estimados de manera subjetiva por cada uno de los miembros participantes.

Para cada uno de los indicadores considerados se parte del dato estimado actual y los objetivos marcados para dos años (medio y largo plazo) en Europa, y en España en caso de existir dato, conforme a las estrategias y fuentes oficiales publicadas.

En cada caso, los participantes han valorado (1-5), en su opinión, cual sería la viabilidad de alcanzar el objetivo europeo marcado, y han estimado un valor alcanzable en España. Además, han indicado para los casos inferiores a 3 los motivos por los que consideran poco viable alcanzar el objetivo europeo, y las medidas que propondrían para lograr el citado objetivo en el periodo propuesto.

Los datos de las expectativas para España muestran el valor mínimo y el máximo estimado por los participantes y la media ponderada de todos ellos, que es el valor tomado como esperado a efectos del análisis realizado. En aquellos casos en que el mínimo y el máximo se consideran demasiado dispares o irrealistas, se procedió a eliminar dichas respuestas, a efectos de realizar la media.

En cuanto a las Capacidades Tecnológicas, del mismo modo, están basadas únicamente en el análisis de los datos de formularios recibidos por lo que representan a las entidades de cada grupo de Trabajo de la PTE HPC que han participado activamente.

# ANÁLISIS KPIS GT PRODUCCIÓN DE H2

	Fuente	Unidad	Alcance	Actual 2020	Año	Objetivo	Expectativas España I			Año	Objetivo	Expectativas España II		
							Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo			Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
<b>KPIS Producción electrólisis</b>														
Potencia instalada de electrolizadores para producción de H2 renovable	A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (EC, 2020)	GW	Europa	1	2024	6	-			2030	40	1	3,1	10
	Hoja de Ruta de hidrógeno renovable (MITECO, 2020)		España	-			2030	4						
Coste capital electrolizador AEL	Hoja de Ruta de hidrógeno renovable (MITECO, 2020)	€/KW	Europa	600	2024	480	480	544	800	2030	400	400	468	700
Coste capital electrolizador PEMEL	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/KW	Europa	900	2024	700	600	801	1.000	2030	500	500	612	800
Coste capital electrolizador AEMEL	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/KW	Europa	-	2024	650	650	792	1.200	2030	450	450	577	750
Coste capital electrolizador SOEL	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/KW	Europa	2.130	2024	1.250	1.250	1.682	2.130	2030	520	520	965	1.500
Cantidad de hidrógeno verde producido	Hydrogen Europe SRIA (2020)	GT/Año	Europa	-	2024	0,5	0,001	0,1	0,3	2030	3,2	0,05	0,9	2,5
Vida útil o degradación (cada 1000h) electrolizador AEL	Hydrogen Europe 2020	%	Europa	0,12			-			2030	0,10	0,10	0,10	0,10
Vida útil o degradación (cada 1000h) electrolizador PEMEL	Hydrogen Europe 2020	%	Europa	0,12			-			2030	0,12	0,15	0,15	0,15
Eficiencia o consumo energético electrolizador AEL	Hydrogen Europe 2020	kWh/kg	Europa	50-52			-			2030	46-48	48	48	48
Eficiencia o consumo energético electrolizador PEMEL	Hydrogen Europe 2020	kWh/kg	Europa	55-58			-			2030	48-50	50	50	50
	The Future of Hydrogen (IEA, 2019)	MWh el/MWh PCI H2	Europa	1,75			-			2030	1,55	1,6	1,6	1,6
Eficiencia eléctrica electrolizador SOEC	The Future of Hydrogen (IEA, 2019)	MWh el/MWh PCI H2	Europa	1,3			-			2030	1,25	1,25	1,25	1,25
<b>KPIS Producción biogás</b>														
Uso energético del sistema de producción	Hydrogen Europe SRIA (2020)	KWh/Kg	Europa	56	2024	55	40	54,5	60	2030	53	30	52,1	55
Coste capital del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg/día	Europa	3.100	2024	2.400	2.400	2.800	3.500	2030	1.550	1.550	1.956	2.500
<b>KPIS Producción por fotocátalisis de agua</b>														
Capacidad de producción de H2	Hydrogen Europe SRIA (2020)	KWh/m2/año	Europa	30	2024	100	2	56,9	100	2030	500	50	322,2	500
Coste capital del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/m2	Europa	300	2024	210	200	291,1	500	2030	110	100	171,1	300
Vida útil del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Años	España	0,3	2024	3	0,5	2,3	3	2030	10	1	7,6	10
<b>KPIS Producción por solar térmica</b>														
Capacidad de producción de H2	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Kg/m2	Europa	1,13	2024	2,16	0,18	1,67	2,2	2030	4,11	0,35	3,2	4,2
Coste capital del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg/día	Europa	29,9	2024	15,2	15	17,9	25	2030	7,4	6	9,9	18
Coste de producción del hidrógeno	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg	Europa	8,42	2024	4,26	4	5,1	7	2030	2,07	2	3,0	5
<b>KPIS Producción por pirólisis</b>														
Coste capital del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg/día	Europa	1.442	2024	1.299	1.200	1.394	1.500	2030	1.085	800	1.148	1.300
Rendimiento de carbono del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Kg H2/ Kg C	Europa	0,28	2024	0,30	0,25	0,28	0,30	2030	0,32	0,30	0,31	0,32
<b>KPIS Producción por residuos/gasificación de biomasa</b>														
Rendimiento de carbono del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Kg H2/ Kg C	Europa	0,15	2024	0,22	0,17	0,2	0,25	2030	0,32	0,24	0,3	0,4
Coste capital del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg/día	Europa	7.124	2024	6.417	6.500	6.975	6.500	2027	5.357	5.000	5.712,5	6.500

# ANÁLISIS KPIS GT ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE H2

Fuente	Unidad	Alcance	Actual 2020	Año	Objetivo	Expectativas España I			Expectativas España II					
						Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Año	Objetivo	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	
<b>KPIs Generales</b>														
Cuota de hidrógeno en el mix europeo	A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (2020)	%	Europa	2			-			2050	13-14	6	10,50	15
Almacenamiento de excedentes energéticos renovables de compañías en forma de H2	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU,2019)	TWh	Europa	-	2030	25	1	16,29	25	2050	58	3	44	58
<b>KPIs Almacenamiento de hidrógeno en la red de gas</b>														
Porcentaje de mezcla de hidrógeno permitida en las redes de distribución sin problemas de integración	Hydrogen Europe SRIA (2020)	%	Europa	2-20	2024	6-20	5	7,11	13,00	2030	20	10	14,56	20
Porcentaje de mezcla compatible con redes de gas existentes sin problemas de integración	Hydrogen Europe SRIA (2020)	%	Europa	3	2024	6	3,00	5,00	6,00	2030	10-20	5	10,90	20
Coste de almacenamiento del H2 puro en red de gas	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg	Europa	-	2024	10	10	10,75	15,00	2030	5	5	6,13	9
Cuota de redes de gas natural sustituidas por redes de H2 puro	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU,2019)	%	Europa	-			-			2050	80	5	36,36	80
<b>KPIs Almacenamiento subterráneo de hidrógeno</b>														
Volumen de hidrógeno puro almacenado en cavernas	Hydrogen Europe SRIA (2020)	m3	Europa	<200 mil	2024	<400 mil	200	4.200	40.000	2030	>500 mil	400	15.000	200.000
Volumen de hidrógeno puro almacenado en yacimientos depletados de gas	Naturgy, 2020.	Mm3	España	0			-			2030	100	100	100	100
Coste de almacenamiento de hidrógeno en yacimientos depletados de gas	Informe de Bloomberg "Economic of Storage H2" (2020)	€/kg	España	2-3			-			2030	1-1,7	1-1,7	1-1,7	1-1,7
<b>KPIs Almacenamiento en superficie</b>														
Volumen de hidrógeno puro almacenado	Hydrogen Europe SRIA (2020)	T	Europa	<5	2024	<50	1	20,67	50	2030	>50	3	23,33	50
<b>KPIs Almacenamiento en Hydrogen carriers</b>														
Coste de licuefacción del hidrógeno	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kg	Europa	1,5	2024	<1,5	1,5	1,5	1,5	2030	<1	1	1,08	1,5
<b>KPIs Distribución de hidrógeno</b>														
Porcentaje de fugas de H2 transportado en tuberías	Hydrogen Europe SRIA (2020)	%	Europa		2024	<0,5	0,50	0,50	0,50	2030	<0,5	0,5	0,50	0,5
Presión de H2 en tuberías	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Bar	Europa		2024	100	80	86,67	100	2030	120	100	113,33	120
Vida útil de tuberías de hidrógeno	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Años	Europa		2024	50	20	50	50	2030	50	20	50	50
Presión de almacenamiento para remolques por carretera	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Bar	Europa	300	2024	500	350	450	500	2030	700	350	700	700
Vida útil de tubos a presión para remolques por carretera	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Años	Europa		2024	30	15	30	30	2030	30	25	30	30
Carga útil de tanques de H2 líquido para remolque por carretera	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Kg H2	Europa	3.500	2024	4.000	1.000	3.167	4.000	2030	4.000	2.500	3.667	4000
Vida útil de tanques de H2 líquido para remolque por carretera	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Años	Europa		2024	30	20	30	30	2030	30	20	30	30
<b>KPIs Compresores</b>														
Vida útil de los sistemas de compresión de hidrógeno	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Años	Europa	10	2024	14	10	13	15	2030	20	15	20	20
Consumo energético de un sistema de compresión de 5 a 400 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	KWh/Kg H2	Europa	6	2024	4	4	4,63	6	2030	3	3	3,67	6
Consumo energético de un sistema de compresión de 5 a 900 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	KWh/Kg H2	Europa	8	2024	6	6	6,67	8	2030	4	4	5	8
<b>KPIs Purificación</b>														
Consumo energético de un sistema de purificación de 0,1 a 0,99995 (kwh/kg H2)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	KWh/Kg H2	Europa	4	2024	4	3,50	3,67	4,00	2030	3	3	3,00	3
Consumo energético de un sistema de purificación de 0,75 a 0,99995 (kwh/kg H2)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	KWh/Kg H2	Europa	4	2024	3	3	3,17	3,50	2030	3	2,5	2,67	3

# ANÁLISIS KPIS GT TRANSPORTE: VEHÍCULOS E INFRAESTRUCTURAS

	Fuente	Unidad	Alcance	Actual 2020	Año	Objetivo	Expectativas España I			Expectativas España II					
							Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Año	Objetivo	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	
<b>KPIS Generales</b>															
Cantidad de hidrógeno suministrado al sector transporte	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	%	Europa	-			-				2050	30	3	18,56	40
<b>KPIS Vehículos de pasajeros FECV</b>															
Nº de coches de pasajeros de pila de combustible en circulación	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	#	Europa	-	2030	3.700.000	4.000	6.928	10.000	2050	45.000.000	40.000	1.417.500	3.500.000	
	Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable (MITECO, 2020)		España				5.000-7.500					-			
<b>KPIS Vehículos pesados</b>															
Nº de autobuses abastecidos por H2	Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable (MITECO, 2020)	#	España	-	2030	150-200	100	164	250						
Durabilidad de las pilas de combustible en vehículos pesados	Hydrogen Europe SRIA (2020)	h	Europa	15.000	2027	20.000	15.000	19.394	20.000	2050	30.000	10.000	23.333	30.000	
Capacidad gravimétrica del tanque de hidrógeno (%)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	%	Europa	5	2027	5,7	5	5,40	5,70	2030	6	5	5,7	6	
CAPEX del tanque de hidrógeno	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/kg H2	Europa	500	2027	400	400	433,33	450	2030	300	300	342	400	
Costes de mantenimiento de la pila de combustible- OPEX	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Km	Europa	0,35-0,30	2027	0,15	0,20	0,23	0,30	2030	0,10	0,15	0,20	0,25	
Consumo de hidrógeno del sistema	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Kg/100km/tion	Europa	0,30	2027	0,27	0,27	0,28	0,30	2030	0,24	0,25	0,27	0,30	
Autonomía (Largo recorrido 45-50km/h)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Km	Europa	712,50	2027	950	n/a	n/a	n/a	2030	1.425	1.000	1.000	1.000	
Cuota de vehículos de transporte pesado abastecido por H2 (%)	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	%	Europa	-			-			2050	30	5	24,1	40	
Densidad volumétrica de las Pilas en V. Pesados	Hydrogen Europe SRIA (2020)	kW/m3	Europa	80-120	2027	200	100	162	200	2030	250	150	196	250	
<b>KPIS Barcos</b>															
Nº de grandes barcos propulsados por pilas de combustible	Hydrogen Europe SRIA (2020)	#	Europa	2	2025	10	2	3-4	5	2030	100	2	5	10	
<b>KPIS Trenes</b>															
Nº de trenes propulsados por hidrógeno	Hydrogen Europe SRIA (2020)	#	Europa	2							>1.000				
	Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable (MITECO, 2020)		España	-	2025	>200	1	1-2	2	2030	2	2	3	5	
Consumo de hidrógeno en trenes	Hydrogen Europe SRIA (2020)	kg/100km	Europa	22-32	2024	21-30	20	27	30	2030	20-28	23	26	30	
Durabilidad de las pilas de combustible en trenes	Hydrogen Europe SRIA (2020)	h	Europa	20.000	2024	25.000	20.000	24.167	25.000	2030	30.000	20.000	28.333	30.000	
<b>KPIS Aviación</b>															
% de sustitución de combustible por H2 en sector aviación	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	#	Europa	-			-			2050	4	1	3,5	5	
Sistemas de propulsión de 1,5 MW de pila de combustible a bordo	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Estado	Europa	Definición y desarrollo	2027	Escalado y testado en tierra	Escalado y testado en tierra			2030	Certificado para uso en vuelo	En vías de certificación			
<b>KPIS Estaciones de repostaje de hidrógeno (HRS)</b>															
Nº de HRS operativas	Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable (MITECO, 2020)	#	España	4			-			2030	100-150	10	81	150	
Coste anual de mantenimiento estaciones 700 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/kg	Europa	1	2024	0,5	0,5	0,725	0,8	2030	0,3	0,3	0,45	0,6	
Coste anual de mantenimiento estaciones 350 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/kg	Europa	0,66	2024	0,35	0,35	0,45	0,5	2030	0,15	0,15	0,26	0,4	
Coste anual de mantenimiento estaciones H2 líquido	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/kg	Europa	-	2024	0,5	0,8	0,90	1	2030	0,3	0,5	0,65	0,80	
Cantidad anual de H2 dispensado para aplicaciones de movilidad	Hydrogen Europe SRIA (2020)	T	Europa	-			-			2030	2.000.000	100	120.020	300.000	
Consumo energético estaciones 700 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	kWh/kg	Europa	5	2024	4	4,20	4,50	5,00	2030	3	3,20	3,30	3,50	
Consumo energético estaciones 350 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	kWh/kg	Europa	3,5	2024	2,50	2,50	2,70	3,00	2030	2	2,00	2,20	2,50	
Consumo energético estaciones H2 líquido	Hydrogen Europe SRIA (2020)	kWh/kg	Europa	0,5	2024	0,50	0,50	0,50	0,50	2030	0,3	0,40	0,40	0,40	
Tiempo medio entre averías estaciones 700 bar (días)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Días	Europa	48	2024	72	60	62,50	65	2030	168	140	145	150	
Tiempo medio entre averías estaciones 350 bar	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Días	Europa	96	2024	144	100	120	140	2030	336	300	315	330	
Tiempo medio entre averías estaciones H2 líquido	Hydrogen Europe SRIA (2020)	Días	Europa	-	2024	216	190	190	190	2030	504	480	480	480	

# ANÁLISIS KPIS GT USOS DEL H2

	Fuente	Unidad	Alcance	Actual 2020	Año	Objetivo	Expectativas España I			Año	Objetivo	Expectativas España II			Año	Objetivo	Expectativas España III		
							Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo			Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo			Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
<b>KPIS Generales</b>																			
Coste producción de hidrógeno fósil	A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (EC, 2020) Hydrogen: A Renewable Energy performance 2nd report (IRENA, 2019)	€/kg	Europa	1,5-2			-					-		2050	1,5-2	1,00	1,74	2,00	
Coste producción de hidrógeno renovable	A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (EC, 2020) Hydrogen: A Renewable Energy performance 2nd report (IRENA, 2019)	€/kg	Europa	2,5-5,5			-					-		2050	1-2,5	1,50	2,43	4,50	
<b>KPIS Ciudades y Viviendas</b>																			
Cantidad de energía suministrada a edificios a través de H2	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	TWh	Europa	-			-					-		2050	579	20	38,32	57,90	
H2 mezclado con gas natural para suministro energético a edificios	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	%	Europa	-			-		2030	7	2	5,27	10						
Cuota de redes de gas natural para suministro de calefacción a viviendas sustituidas por redes de H2 puro	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	%	Europa	-			-					-		2050	44	10	20,67	30	
Cantidad de viviendas y edificios comerciales abastecidos por H2 (mezclado o puro) (#)	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	#	Europa	-			-		2030	2.500.000	20.000	153.333	250.000	2050	52.000.000	1.000.000	3.600.000	5.800.000	
Nº de ciudades con redes de suministro de hidrógeno puro	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	#	Europa	-			-		2030	5	0	1	3						
Cuota de demanda energética para calefacción cubierta por H2	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	%	Europa	-			-					-		2050	18	4	10,47	30	
Sistemas de microgeneración (mCHPs)	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	#	Europa	3.000	2021	25.000	50	735	2.500			-							
Coste de sistemas de microgeneración (mCHPs)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kw	Europa	10.000	2025	≤5.500	5.000	7.462	20.000	2030	≤3.500	3.000	4.885	15.000					
Cuota de sustitución de calderas de gas por mCHPs para uso en viviendas	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	%	Europa	1			-		2030	10	1	5,75	20	2050	50	10	28,57	50	
<b>KPIS Industria</b>																			
Cantidad de hidrógeno abastecido para demanda energética de procesos industriales de alta temperatura	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	TWh	Europa	-			-		2030	8	0,1	0,38	0,5	2050	240	4,20	11,05	18	
Contribución mínima del H2 a la industria, tanto como materia prima como fuente de energía	Borrador de la Hoja de Ruta de H2 Renovable (MITECO, 2020)	%	España	-			-		2030	25	5	18,37	30						
<b>KPIS Uso energético</b>																			
Cuota de demanda energética global cubierta por H2	Hydrogen Roadmap Europe (FCH-JU, 2019)	TWh	Europa	325			-					-		2050	2.250	20	73	150	
Cuota de demanda energética global cubierta por H2	A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy (EC, 2018)	%	Europa	-			-					-		2050	4-16	2	10	20	
Coste global de un sistema de pila de combustible PEMFC 51-100 kW	Hydrogen Europe SRIA (2020)	€/Kw	Europa	1.900	2024	1.200	4.000	4.500	5.000	2027	900	2.500	2.750	3.000	2030	633	950	1.290	2.500
% de hidrógeno (en volumen) empleado como combustible en turbinas de gas	Hydrogen Europe SRIA (2020)	%	Europa	0-30			-					-		2030	0-100	7,5	49	100	
Eficiencia de pila de combustible PEMFC 51-100 kW @ BOL: hel (htot) (% PCI AC)	Hydrogen Europe SRIA (2020)	%	Europa	50 (n/a)	2024	52	45	51	52	2027	53	50	52,5	53	2030	58	50	56,6	58