



# NEWSLETTER PROYECTO H<sub>2</sub>SAREA

Número 3 | Diciembre 2023

# ÍNDICE GENERAL

<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2 NORTEGAS</b>	<b>4</b>
2.1 Redes de distribución e instalaciones de usuario doméstico-comercial	4
2.2 Casos de uso industrial	6
2.3 Descarbonización de la economía	8
2.4 Noticias relacionadas con el proyecto	8
2.5 H <sub>2</sub> SITE	9
2.6 Desarrollo de protocolos de control, construcción y montaje del primer prototipo de separación	9
2.7 Puesta en marcha del sistema	10
2.8 Validación del prototipo de separación H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	11
2.9 ORKLI	12
2.10 ERREKA	14
2.11 FIDEGAS	17
2.12 ABC	19

# 1 INTRODUCCIÓN

En 2021 arrancó el proyecto H<sub>2</sub>SAREA en el que se plantea el impulso de la inyección segura del hidrógeno en las infraestructuras de distribución de gas natural, mediante la investigación en soluciones tecnológicas avanzadas.

H<sub>2</sub>SAREA plantea el aprovechamiento de las redes de gas existentes y que se utilizan para la distribución de gas natural e H<sub>2</sub>, haciendo un uso más eficiente de las infraestructuras y aprovechando el uso del hidrógeno verde como palanca de la descarbonización, movilidad o demanda de sectores no electrificados.

Como se indicó en la pasado Boletín de noticias, el proyecto consiste en la investigación y el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas, equipos y componentes, que permitan la transformación de las redes de gas natural para distribuir hidrógeno verde en distintos escenarios de blending: sistemas de inyección de hidrógeno, sistemas de compresión avanzados, desarrollo de fijaciones inteligentes específicas para hidrógeno, investigación de nuevos materiales y componentes aptos para su utilización en entornos 100% hidrógeno y en mezclas de hidrógeno-gas natural variables, sistemas modulares de separación de hidrógeno, sensores o quemadores entre otros. Con el objetivo de conocer y disponer de las soluciones tecnológicas necesarias para la eventual transformación progresiva de la red de distribución y usos con mezclas incrementales de hidrógeno verde y gas natural, hasta su transformación a 100% hidrógeno.

El proyecto H<sub>2</sub>SAREA finaliza en diciembre de 2023, en el que se habrán dado soluciones y/o respuestas a toda la problemática planteada.

Los prototipos y desarrollos tecnológicos han sido instalados en la plataforma de investigación H<sub>2</sub>Loop, donde han sido testados y validados con los distintos porcentajes de mezclas de H<sub>2</sub> y gas natural. También se han validado los materiales y componentes existentes en las redes de distribución de gas natural y en las instalaciones de cliente y su compatibilidad para la inyección de H<sub>2</sub> hasta el 20%.

El alcance del proyecto H<sub>2</sub>SAREA, se ha centrado en investigar y desarrollar soluciones tecnológicas necesarias para la distribución de hidrógeno y sus mezclas con gas natural, de forma segura, en la red de gas natural existente.

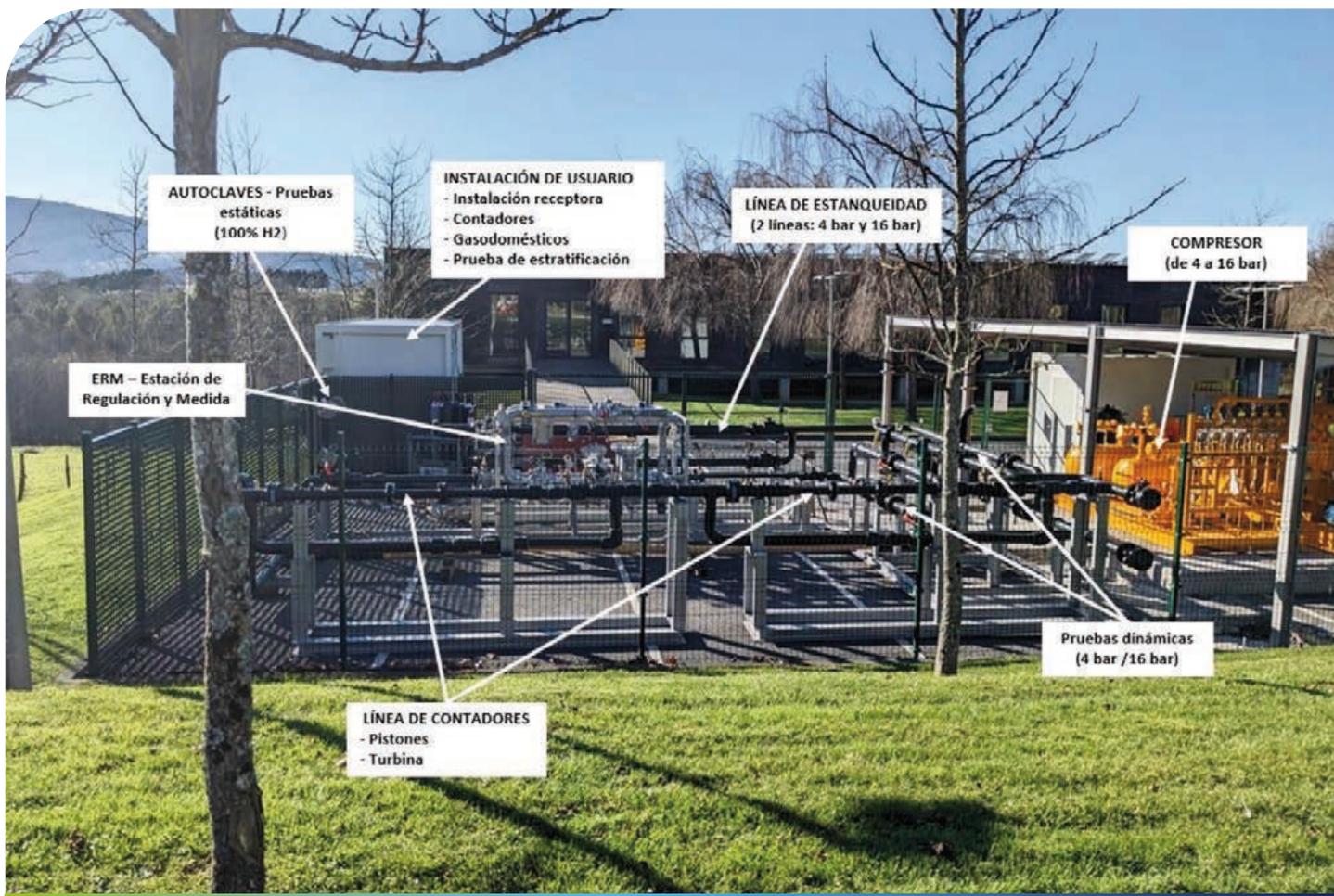


## 2 NORTEGAS

Por parte de Nortegas, los principales hitos y resultados en los 3 años de ejecución del proyecto son:

### 2.1 REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES DE USUARIO DOMÉSTICO-COMERCIAL

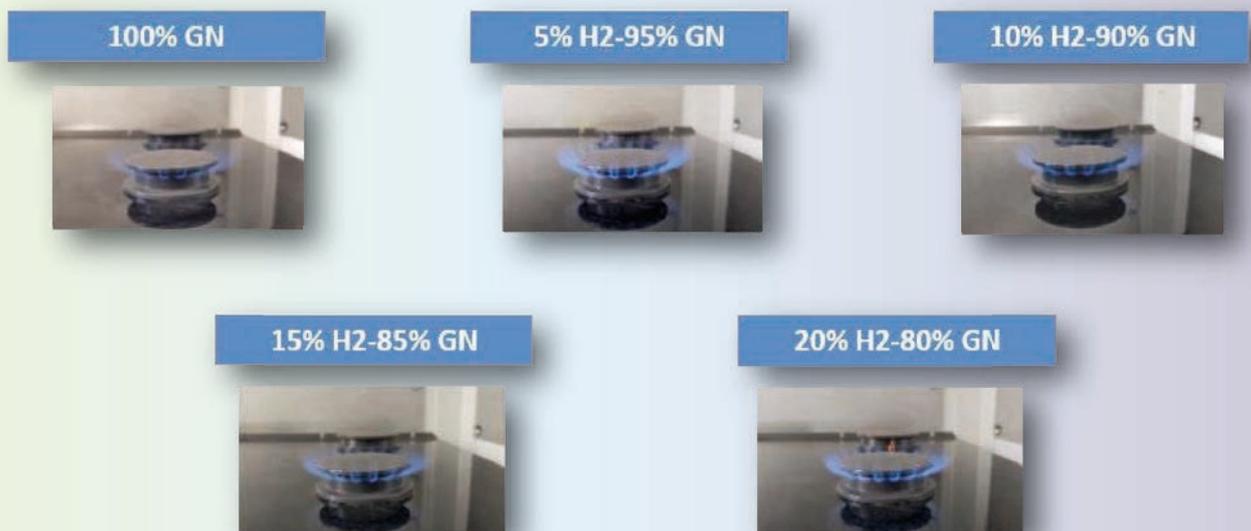
En la tercera anualidad del proyecto se han finalizado las pruebas de mezclas del 10% de hidrógeno, que se comenzaron en 2022, y se han realizado las pruebas con un 15% y con un 20% de hidrógeno en blending con el gas natural, todas ellas llevadas a cabo durante 3.000 horas.



En la figura que se muestra una vista general del H<sub>2</sub>Loop

Las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

- Los materiales presentes en las redes de distribución de gas natural y en las instalaciones de usuario están preparadas para canalizar mezclas de gas natural con 20% de hidrógeno. No se han detectado fugas en las instalaciones y las pruebas de materiales han demostrado su compatibilidad para su uso con hidrógeno.
- Los elementos presentes en las redes permiten su operación en seguridad. Las válvulas permiten el cierre correcto de tuberías, los reguladores de ERM y de vivienda operan correctamente, las válvulas y elementos de seguridad entran en funcionamiento cuando es necesario y los diferentes tipos de contadores realizan su función dentro de los rangos admitidos.
- Los equipos domésticos (caldera y cocina) tienen un funcionamiento normal con los diferentes niveles de blending de hidrógeno y gas natural.
- Las pruebas realizadas en la caldera doméstica con una mezcla del 20% de hidrógeno con gas natural consigue que las emisiones de monóxido de carbono (CO) se reduzcan un 54%, las de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) un 7% y las de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) un 53%, aproximadamente. De esta forma, se confirma una mejor combustión del gas natural al mezclarse con hidrógeno, lo que repercute en una mejora de la seguridad en las calderas, además de mejorar el aire de nuestras ciudades
- Es posible realizar una inyección directa de hidrógeno en la red de gas natural y se logra una mezcla perfecta de los gases a una distancia de 100-250 diámetros de tubería recta.



En la figura que se muestra la llama de la cocina de gas natural con diferentes mezclas de blending con H<sub>2</sub>.

## 2.2 CASOS DE USO INDUSTRIAL

Debido a la limitación existente para poder instalar equipos industriales dentro de la plataforma H2SAREA, se han realizado dos casos de estudio para un horno de tratamiento térmico y para una caldera auxiliar de vapor. Se ha utilizado un programa de simulación CFD (Computational Fluid Dynamics), se ha simulado la combustión de diferentes mezclas de gas natural e hidrógeno modelizando el comportamiento de los diferentes parámetros: temperatura, caudales, velocidades, etc., en los diferentes elementos de los equipos (quemadores, chimenea...).



*En la figura de la izquierda se muestra la vista del mallado de horno utilizado en la simulación CFD, con 2,5 millones de celdas y en la figura de la derecha el flujo de los gases de combustión dentro del horno*

La conclusión principal de los dos casos estudiados es que es posible utilizar mezclas de **hasta 30% H<sub>2</sub> / 70% Gas Natural** sin que se produzcan incidencias en el proceso, ni daños en los equipos.





- **Respecto a los principales parámetros:**

- Para mantener la producción es necesario ajustar los caudales de los combustibles y su aireación para las diferentes mezclas de gas natural e hidrógeno.
- Hasta el 30% de H<sub>2</sub> no es necesario modificar los quemadores.
- La eficiencia térmica apenas se ve impactada con mezclas de hidrógeno hasta el 30%.

---

- **En cuanto a las emisiones:**

- Los valores de CO son despreciables para todos los casos.
- Los valores de NO<sub>x</sub> aumentan con el contenido de H<sub>2</sub>, debido a la mayor temperatura de llama, si bien se mantienen dentro de los rangos permitidos (<250 mg/m<sup>3</sup>).
- Aumenta el contenido de H<sub>2</sub>O cuanto mayor sea el nivel de H<sub>2</sub> en la mezcla.

---

- **En cuanto a la posible degradación de los componentes por impacto de la forma de la llama y de la temperatura de esta el impacto sería bajo.**

---

- **Es necesario actuar en el control de aireación del quemador de forma que se aumente la aireación de combustión para las diferentes mezclas hidrogenadas.**

## 2.3 DESCARBONIZACIÓN DE LA ECONOMÍA

La mezcla de hidrógeno verde con gas natural al 20% evitaría 3,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, el equivalente a las emisiones generadas por 3,8 millones de hogares, el 47% del total que consume gas natural en España.

## 2.4 NOTICIAS RELACIONADAS CON EL PROYECTO

<https://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-nortegas-logra-inyectar-red-15-hidrogeno-verde-mezcla-gas-natural-20230906141330.html>

<https://www.expansion.com/paisvasco/2023/09/06/64f8a285468aebc0038b45a7.html>



## 2.5 H<sub>2</sub>SITE

Por parte de H<sub>2</sub>SITE, el principal hito del proyecto es el desarrollo de un prototipo de sistema de separación de H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> que permita ajustar el ratio de mezcla según las especificaciones requeridas.

Los resultados obtenidos a lo largo de la tercera anualidad del proyecto son los siguientes:

- La unidad de separación es instalada en una red de gas natural e hidrogeno y es capaz de operar a una presión de 13.5bar(g), con concentraciones del 5% al 20%.
- Se alcanza el 97% de recuperación del hidrogeno en la mezcla, alcanzando altos niveles de pureza.

## 2.6 DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE CONTROL, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PRIMER PROTOTIPO DE SEPARACIÓN

Se desarrollan los protocolos de control requeridos en un sistema de separación, para asegurar el correcto funcionamiento de este, priorizando la seguridad y la optimización de su operativa (reducción de consumibles, consumos eléctricos y alcanzar condiciones necesarias para la separación de la mezcla).

Se realiza el montaje del prototipo de manera satisfactoria, asegurándose la estanqueidad del mismo y asegurando una implantación compacta.



## 2.7 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

En julio del 2023 se instala el equipo de manera satisfactoria en las instalaciones de H2Sarea.

A lo largo de la puesta en marcha se consigue optimizar para las diferentes mezclas de gas natural e hidrógeno los diferentes parámetros para conseguir la óptima separación del hidrógeno durante la operación nominal del sistema para las distintas concentraciones de la mezcla: temperatura, caudales y presiones de trabajo.

Así como se garantiza el correcto funcionamiento de las distintas seguridades del sistema y la optimización de este para cada una de las secuencias requeridas para el arranque del sistema.



*En la figura se muestra el equipo de separación de H<sub>2</sub> y gas natural instalado en H<sub>2</sub>SAREA, Zamudio (Bizkaia)*



## 2.8 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO DE SEPARACIÓN $H_2/CH_4$

En octubre de 2023, se validó de manera satisfactoria el objetivo principal del sistema, alcanzando el hito de separar corrientes de mezcla de gas natural e hidrogeno a distintos rangos de concentración.

Así, se demuestra que el equipo es capaz de adaptarse a distintos rangos de concentración: se valida la separación en rangos comprendidos entre 5% y 20%, corriente de entrada proporcionada por el loop de H2Sarea a un máximo de 13.5bar(g).

Una vez validada esta separación, se mezcla de nuevo el gas natural y el hidrogeno para volcarlo al loop a una presión de 4bar(g).

La tecnología de separadores de hidrogeno a través de membranas de paladio desarrollada por H2SITE permite producir hidrogeno de alta pureza es adecuado para aplicaciones de pilas de combustible, siendo capaz de separar corrientes con baja concentración de hidrogeno. Se ha demostrado realizar una separación de hidrogeno por encima del 97% con niveles de alta pureza, mientras que garantizamos la calidad del gas natural para los consumidores de este.

La implantación y validación del sistema de separación de H2Sarea, supone un gran avance en las soluciones de bajo coste para el transporte del hidrogeno.

## 2.9 orkli

Por parte de Orkli los trabajos llevados a cabo a lo largo de este año 2023 son los que se detallan a continuación:

- Por lo que respecta al desarrollo de un quemador capaz de trabajar con hidrógeno al 100% en una caldera doméstica, Orkli se ha centrado por completo en la tecnología de llamas de difusión. Los principales resultados e hitos alcanzados durante esta tercera anualidad son:

- Se ha desarrollado y afianzado el concepto 1 H<sub>2</sub> jet x 1 air jet, consiguiéndose de esta manera una disminución notable de los niveles de NOx.
- Se ha dedicado gran parte de la anualidad al aislamiento térmico de la Puerta- quemador, habiéndose llegado a un diseño de quemador con rigidizadores junto con un diseño de aislante cerámico sencillo y fácilmente fabricable.
- Se ha verificado la no necesidad de un elemento enfriador de llama gracias al afianzamiento del concepto 1 H<sub>2</sub> jet x 1 air jet. La eliminación de dicho componente trae consigo un ahorro importante en el coste de la Puerta- quemador



*Figura, Puerta- quemador impresa en fabricación aditiva 3D*

- Se han lanzado utillajes de fabricación en masa de la Puerta- quemador, habiéndose de esta forma dado el salto definitivo de componentes de laboratorio impresos en fabricación aditiva 3D a componentes de producción



Figura, Puerta-quemador con componentes de producción en masa

- Se ha hecho pública la petición de patente mundial sobre el diseño de Puerta- quemador registrada el año pasado: WO2023186898A1
- Se ha registrado la marca comercial HydroZen, mezcla del concepto asiático Zen con Hydrogen, llamando de esta forma a la seguridad intrínseca ante el retroceso de llama del hidrógeno de la tecnología de combustión basada en llamas de difusión.
- Se ha planteado la composición del kit de conversión para transformar el actual motor de combustión BeeEngine de Orkli (gas natural y GLP) al HydroZen BeeEngine (100%H<sub>2</sub>).

#### CONVERSION KIT: PLUG & PLAY

**From BeeEngine to HydroZen BeeEngine in less than 1 hour at a content cost**



- Se han incrementado los contactos comerciales con clientes, habiéndose presentado el concepto en desarrollo en la feria ISH SHOW que tiene lugar en Frankfurt cada dos años.

## 2.10 ERREKA

ERREKA es una empresa cooperativa guipuzcoana fundada en 1961, integrada en la División de Componentes del Área Industrial del Grupo Mondragón. EFS es una división del grupo que cuenta con una experiencia de más de 50 años trabajando estrechamente con sus clientes en proyectos relacionados con las uniones atornilladas. Todo ello con el objetivo de incrementar la propuesta de valor de sus productos, máquinas o instalaciones: apriete optimizado, estrategias de mantenimiento, fatiga, diseño en función del coste, condiciones térmicas severas, aprietes para evitar fugas y análisis de fallo.

EFS toma parte de manera activa en diferentes foros europeos de debate y de definición de normas.

ERREKA fabrica y comercializa fijaciones y soluciones de unión atornillada, principalmente para el sector eólico y en menor medida para el Oil&Gas y aeronáutico. El sector creciente del Hidrógeno se presenta como una gran oportunidad para ERREKA.

ERREKA está actualmente fabricando en sus instalaciones el Erreka Digital Bolt (EDB), que puede trabajar con todo tipo de uniones atornilladas. La tecnología EDB suministra medición directa de la carga en lugar del par de apriete en las fijaciones durante el montaje. Mediante las inspecciones de carga se puede hacer el seguimiento de ésta a lo largo de la vida de la unión atornillada.

Lograr una distribución uniforme de la carga de los pernos es fundamental para obtener un servicio sin fugas de H<sub>2</sub> en las juntas de recipientes a presión que se utilizan en las tuberías de distribución de transporte. Esta es una tarea difícil debido a las variaciones de carga de los pernos durante el proceso de ensamblaje. En este sentido, el Método de Coeficientes de Interacción Elástica ha sido desarrollado en trabajos previos para definir secuencias de apriete que proporcionan la carga objetivo al final de la secuencia en una o dos pasadas. El método es muy costoso porque debe simularse una secuencia completa y debe medirse la carga de cada perno después de cada operación de apriete. ERREKA ha estudiado el método para juntas tipo anillo y además desarrolló una nueva metodología validada numérica y experimentalmente que proporciona resultados altamente satisfactorios con un costo significativamente menor. Esta metodología necesita ser estudiada para el caso de conducción de hidrógeno.

Si bien ERREKA en los últimos años ha adquirido mucha experiencia en nuevas estrategias de apriete para poder monitorizar, por ej. vibraciones, fugas, etc. no ha abordado aún el ámbito del hidrógeno. Teniendo en cuenta las características de este gas, la estrategia de apriete debe ser estudiada en profundidad. Asimismo, el poder ofrecer soluciones para el sector del hidrógeno, nuevo ámbito para ERREKA, exige adquirir nuevos conocimientos que permitan desarrollar los productos/soluciones adecuadas.

Las fijaciones inteligentes EDB actuales no pueden ser empleadas en instalaciones con gases explosivos, donde los requisitos de prevención de riesgos de explosividad son extremos, y exigen nuevas soluciones o adaptación a las existentes. Por lo que la fijación/accesorios y forma de medida debe ser adecuada para cumplir con los requisitos de operar con gas H<sub>2</sub>.

El proyecto H<sub>2</sub>SAREA, permitirá a ERREKA adquirir nuevos conocimientos que permitan establecer estrategias apriete y su monitorización, para evitar fugas de H<sub>2</sub> en las bridas de uniones críticas de la red de distribución que contiene la mezcla H<sub>2</sub>+GN.

Otro de los aspectos relevantes en la infraestructura de H<sub>2</sub> son las bridas. ERREKA estudiará en el proyecto H<sub>2</sub>SAREA nuevos diseños adecuados para la red de distribución de H<sub>2</sub>+GN.

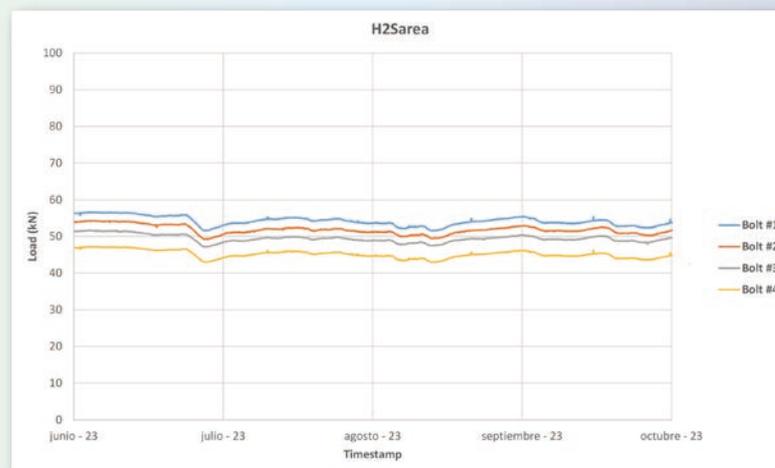
Asimismo, Erreka estudiará cómo abordar el montaje/desmontaje de uniones críticas para una nueva aplicación de mantenimiento de la red de distribución de H<sub>2</sub>+GN.

En cuanto a la actualidad actual, se han llevado a cabo una serie de tareas relacionadas con los objetivos arriba mencionados. Se ha comenzado por la sensorización de los tornillos específicos de las bridas de uniones críticas de la red de distribución. Durante este proceso de sensorización, se han añadido transductores piezoeléctricos los cuales habilitan la generación de ondas ultrasónicas en el tornillo y de este modo medir directamente la fuerza que ejerce cada tornillo en la unión en la que están instalados, además de detectar cualquier variación que pueda darse en la unión. La utilización de esta tecnología ha dado pie a conseguir una mayor precisión en la medida de la fuerza de apriete de los tornillos, y, por consiguiente, se ha podido obtener una distribución de cargas mucho más homogénea en toda la unión bridada.

Además de la propia sensorización de los tornillos, éstos están siendo monitorizados de manera continua mediante un equipo desarrollado por Erreka. Este equipo, de manera totalmente autónoma, se encarga de enviar y recibir señales ultrasónicas, calcular la fuerza ejercida por los tornillos tratando de manera necesaria la respuesta ultrasónica recibida y poner todos los resultados a disposición del usuario final. De este modo, el usuario está continuamente informado de la situación tensional de los tornillos de la unión bridada y de su evolución a través del tiempo. Con esta información, es capaz de predecir evoluciones futuras y así anticiparse a cualquier posible incidente (por ejemplo, fugas) mediante mantenimientos preventivos.

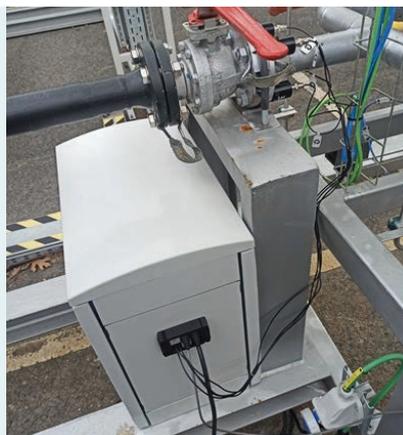


A continuación, se puede ver un ejemplo de las lecturas tomadas de manera continua a lo largo de 4 meses.



Tal y como se puede observar, aunque la presión interna de la brida haya variado a lo largo del tiempo, la precarga de los tornillos monitorizados apenas ha variado. De esta manera, se concluye que las diferentes presiones internas en la brida no hacen que los tornillos varíen en precarga. Aunque, por otro lado, sí que se ha concluido que la temperatura es un factor que afecta a estas precargas. En líneas generales, se concluye que la tecnología EDB junto con sus dos sistemas de medida (dispositivo manual y dispositivo remoto), y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, es una tecnología más que apta para este tipo de entornos y aplicaciones.

A continuación, también se puede ver una imagen del equipo de monitorización en remoto instalado junto con los tornillos que se han monitorizado a lo largo del proyecto.



## 2.11 fidegas

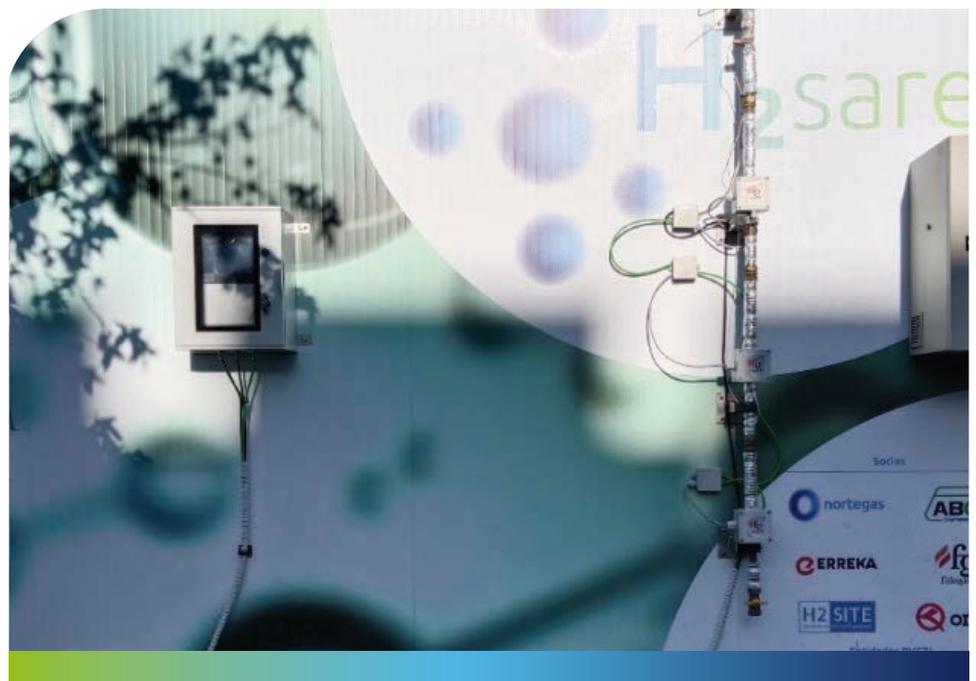
C.A.E., S.L. (Comercial de Aplicaciones Electrónicas, S.L.) se registró en febrero de 1990 con la nueva ley de Sociedades, continuando con su actividad de diseño, fabricación, comercialización y servicio post venta de sistemas de seguridad para instalaciones de gas que ya venía desarrollando con la marca FIDEGAS® desde 1984. Tras cerca de 40 años de la marca FIDEGAS®, la compañía, con sede en Donostia – San Sebastián se ha ubicado como una de las compañías líderes en el mercado nacional y con crecimientos continuados en las ventas internacionales, considerada actualmente como una de las empresas de referencia en el campo de la seguridad y calidad certificada.

Durante el presente año se han acometido las siguientes acciones de desarrollo dentro del proyecto H2SAREA junto al RVCTI Tecnalia:

1. Ensayo de estratificación, donde se pretende esclarecer si se produce estratificación entre el H<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> en las líneas de suministro doméstico en largos periodos de inactividad.

Respecto a los ensayos de estratificación:

- Se diseñó y montó un prototipo, iniciando los registros de las señales de los sensores de CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, presión y temperatura.

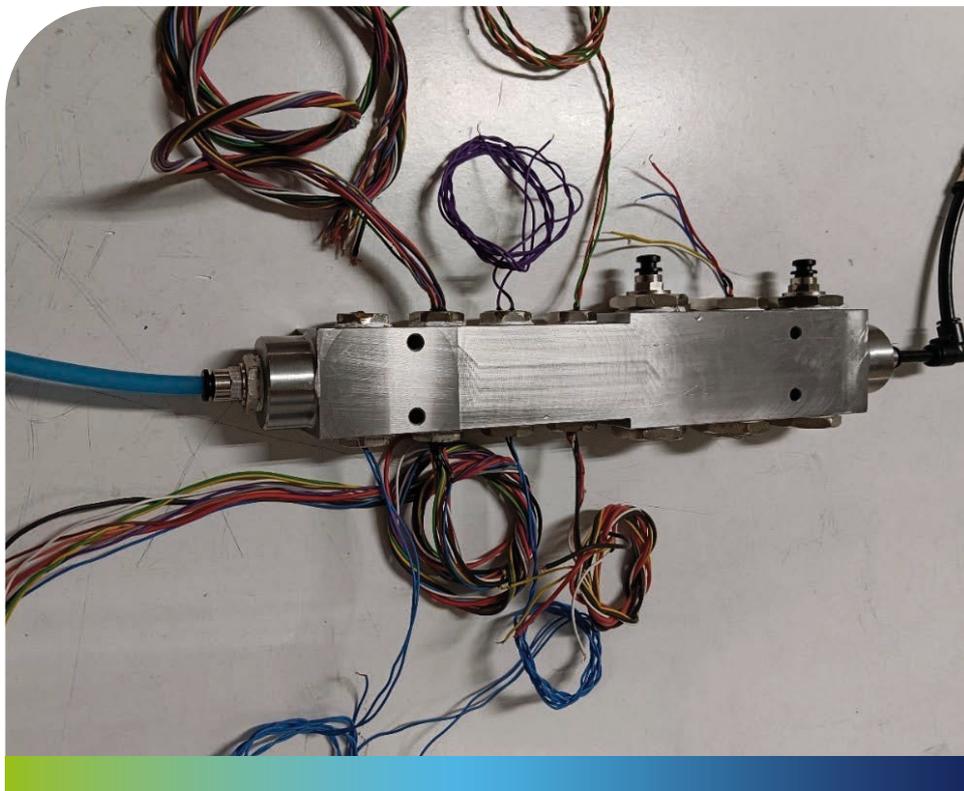


*Prototipo instalado para los ensayos de estratificación*

2. Estudio en el Loop de la sensórica seleccionada y aplicada en las fases anteriores, para caracterizar los sensores en la aplicación y condiciones de trabajo reales.

Respecto a los ensayos en el Loop:

- Se ha diseñado y fabricado el soporte donde se alojan los sensores.
- Se han diseñado y fabricado los alojamientos estancos de los sensores.
- Se ha diseñado y fabricado la placa de control y monitorización de los sensores.



*Prototipo para los ensayos en el loop, soporte y sensores*



## 2.12



A lo largo de este año 2023, dentro de este proyecto, hemos trabajado en las siguientes tareas:

### **Diseño y construcción de un compresor estanco**

Este compresor es un prototipo completamente innovador.

Se trata de que todas las fugas que se producen en las cámaras de compresión, cilindros, queden retenidas en el interior del cárter del compresor. Este cárter estará conectado con la aspiración del compresor. Para ello se ha diseñado:

- Un Carter estanco donde todos los posibles puntos de fuga se han sellado con juntas tóricas.
- Un bloque largo, soporte de cilindro, que a su vez, también es estanco.
- Una envolvente del volante de inercia también estanca que además de alojar el cierre del acoplamiento magnético, sirve de guía al motor que acciona al compresor.
- Un volante de inercia especial que aloja parte del acoplamiento magnético.
- Un acoplamiento magnético para evitar que el eje del compresor salga del cárter, evitando este punto de fuga.

En este último año 2023, hemos terminado de diseñar y fabricar todas las piezas.

A las piezas estancas fabricadas se han realizado pruebas hidrostáticas como corresponde a aquellos elementos que van a soportar presión interior de gas.

También se han realizado pruebas de estanqueidad por separado de todas las piezas para constatar que no existe fuga de gas. Estas pruebas se realizan llenado las piezas con helio a presión, y sumergiéndolas en una balsa de agua. Si no se aprecian burbujas, y la presión interior no desciende en un tiempo estipulado, la prueba se da como buena. Todas las piezas han superado los test.

Estamos a la espera de realizar el montaje final del compresor. Para realizar el montaje final, debemos recibir el compresor y el segundo chasis con los equipos auxiliares actualmente montados en Zamudio. Por una parte, para aprovechar el cilindro montado en el primer prototipo, y por otra parte, para realizar todas las conexiones entre dos chasis, a posición. De esta forma se garantiza que el montaje final en campo no va a precisar modificación de tuberías.

## Estudio de líquidos iónicos para sellado de empaquetaduras

Paralelamente al compresor, se han estudiado 10 diferentes líquidos iónicos con vista a usarlos para el sellado de fugas en empaquetaduras.

A estos 10 líquidos les hemos sometido a pruebas de viscosidad, compatibilidad de materiales, capacidad de lubricación, estabilidad y miscibilidad con H<sub>2</sub>.

De los 10 líquidos iónicos, hemos seleccionado 3 líquidos que vamos a testar en un ensayo de estanqueidad.

### Resumen de resultados con los líquidos iónicos (Lsl más prometedores) \*Ensayo no previsto inicialmente

Líquido iónico	Índice viscosidad	Compatibilidad materiales a 100°C (Δ% peso 2016 h)	Lubricación	Estabilidad con H <sub>2</sub>	Miscibilidad con H <sub>2</sub>	Sellado de hidrógeno
H1 [C <sub>4</sub> MIN][TFSI] 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfoniyl)imide	En curso	~1.0% GG 25 <0,1% resto	*	Estable	No	* (Realizar)
H3 [C <sub>4</sub> MIN][BETI] 1-butyl-3-methylimidazolium bis(pentafluoroethylsulfoniyl)imide	122	~0,4% GG 25 <0,1% resto	*	*	*	* (Realizar?)
H6 [P <sub>6,6,6,1</sub> ][Dec] Trihexyltetradecylphosphonium decanoate	161	<0,1% todos	Li con mayores tasas de desgaste	Possible degradación	No	?
H7 [P <sub>6,6,6,1</sub> ][Phos] Trihexyltetradecylphosphonium bis(2,4,4-Trimethylpentyl) phosphinate	147	<0,03% todos	T amb mejor que a 85°C en la pareja de materiales GGG-70/GG25 se han registrado resultados de tasa de desgaste menores	Possible degradación	No	?
H8 [P <sub>6,6,6,1</sub> ][DBS] Tributyltetradecylphosphonium dodecylbenzenesulfonate	Pend.	<0,1% todos	T amb mejor que a 85°C A T amb es el que tiene las menores tasas de desgaste y menor coeficiente de fricción	Estable	No	Pendiente

Para realizar dicho ensayo de estanqueidad, hemos diseñado y fabricado un simulacro de empaquetadura. Donde introduciremos helio a distintas presiones y temperaturas, y por otro punto, introduciremos los distintos líquidos iónicos.

