Euskadi desarrolla tecnologías de hidrógeno para potenciar el *blending* en la red actual y la seguridad de las infraestructuras

Clúster de Energía (Basque Energy Cluster)

H2INTEGRA avanza en el desarrollo de tecnologías de hidrógeno en toda la cadena de valor. El artículo tiene el foco puesto en dos tipos de sistemas: sistemas de separación hidrógeno y gas natural transportados en blending y sistemas de seguridad para infraestructuras de producción, distribución o uso de hidrógeno.

PALABRAS CLAVE: Hidrógeno verde, Descarbonización, Blending, Sistemas de seguridad, Energías Renovables.

H2INTEGRA advances in the development of hydrogen technologies throughout the value chain. The article focuses on two types of systems: hydrogen and natural gas separation systems transported in blending and safety systems for hydrogen production, distribution or use infrastructures.

KEYWORDS: Green hydrogen, Decarbonization, Blending, Safety systems, Renewable Energies.

INTRODUCCIÓN

En 2023 comenzó H2INTEGRA, proyecto desarrollado por PETRONOR como coordinador y otras 11 empresas referentes en la cadena de valor del hidrógeno en Euskadi, cuyo objetivo es la investigación de soluciones físicas y digitales para la creación de un ecosistema de hidrógeno que conecte y gestione óptimamente su generación, distribución y uso final.

En el marco del proyecto H2INTEGRA se está desarrollando una infraestructura singular que consta de elementos que cubren por completo la cadena de valor del hidrógeno. Desde su generación, con un electrolizador de 2.5 MW ubicado en la refinería de Petronor, hasta su transporte y uso.

El hidrógeno producido viaja hasta el Parque Tecnológico de Abanto por una tubería instalada a tal fin para suministrar (i) a un data center como energía de respaldo, (ii) a una estación de compresión y almacenamiento con varias

bahías de carga de camiones MEGC (*Multiple Element Gas Container*) y (iii) a una hidrolinera con capacidad de suministro a vehículos ligeros y pesados.

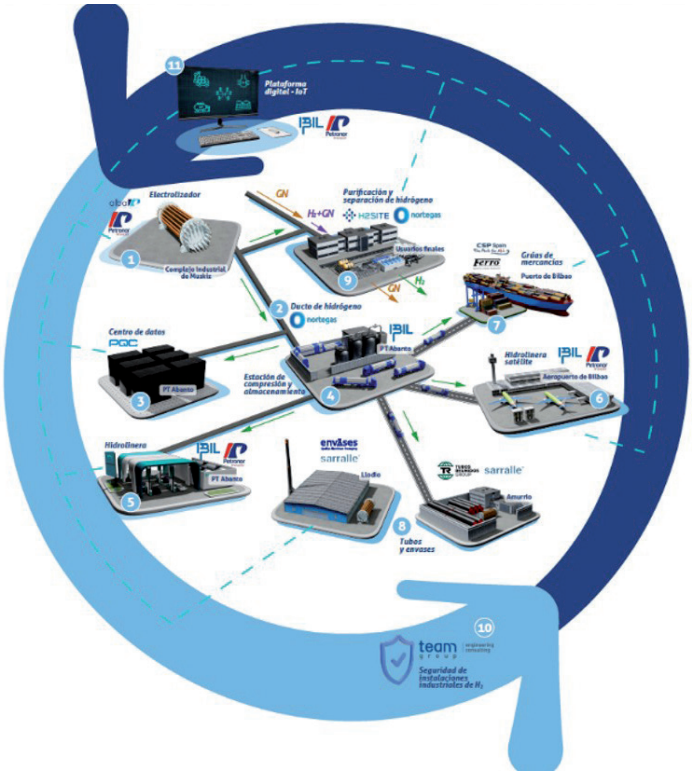
Los camiones MEGC llevan el hidrógeno por una parte a una hidrolinera satélite ubicada en el aeropuerto de Bilbao que puede suministrar a vehículos en la zona tierra y a equipos de handling en la zona aire, y por otra parte los MEGC tendrían capacidad de suministrar hidrogeno en el Puerto de Bilbao para la operación de grúas de mercancías.

Adicionalmente se diseñarán prototipos de generación in situ de hidrógeno para que se puedan realizar pruebas con quemadores de hidrógeno en los casos de uso de la fabricación de tubos de acero y de envases de aluminio en Álava.

Finalmente, para aquellos supuestos que puedan recibir gas natural blendeado, se precisa diseñar y probar la separación del hidrógeno, que se transporta mezclado. Toda esta infraestructura se completa con el análisis de la afección del hidrogeno en la seguridad de las instalaciones y está comunicada con una plataforma digital que INTEGRA toda la operativa capta datos de la demanda para optimizar la generación, compresión, almacenamiento, logística y dispensación del hidrógeno (Figura 1).

Tras más de dos años trabajando en el proyecto, los socios han obtenido avances significativos. A continuación, se profundiza en dos de ellos, concretamente en la separación de hidrógeno del gas natural y en los elementos de seguridad de las instalaciones.

FIGURA 1. Estructura singular de H2INTEGRA



TRANSPORTE DE H2 EN RED DE GAS EXISTENTE CON COMPOSICIÓN Y PUREZA REQUERIDA POR LOS DIFERENTES USUARIOS

El sistema de separación tiene por objetivo el desarrollo de componentes para la purificación del gas natural en mezclas de gas natural e hidrógeno en la red de distribución existente.

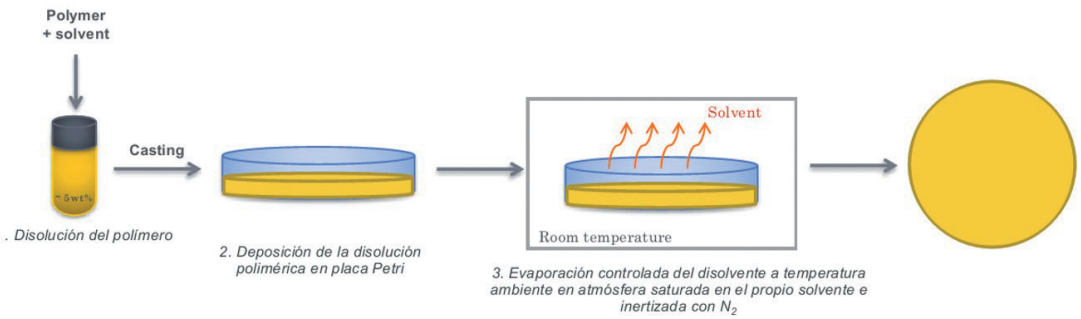
Todo ello, a un coste reducido que limite la inversión de implantación en toda la red de suministro.

MEMBRANAS AVANZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE GAS NATURAL CON BAJO CONTENIDO DE H2 DE BLENDINGS DE H2-CH4

El objetivo de NORTEGAS en el proyecto H2INTEGRA es el desarrollo de un sistema rentable capaz de proteger a clientes conectados a red con *blending* GN-H2 que tengan una limitación en el nivel de H2 que admite su proceso.

Para lograrlo, NORTEGAS está de-

FIGURA 2. Preparación de membranas planas



. Disolución del polímero

2. Deposición de la disolución polimérica en placa Petri

3. Evaporación controlada del disolvente a temperatura ambiente en atmósfera saturada en el propio solvente e inertizada con N_2

sarrollando unas membranas poliméricas que permitan obtener mezclas bajas en hidrógeno (menor del 2 %) en la parte del retenido que será suministrado al cliente, así como mezclas ricas en hidrógeno en la parte del permeado, que se volverán a reinyectar en la red de distribución de gas natural (Figura 2).

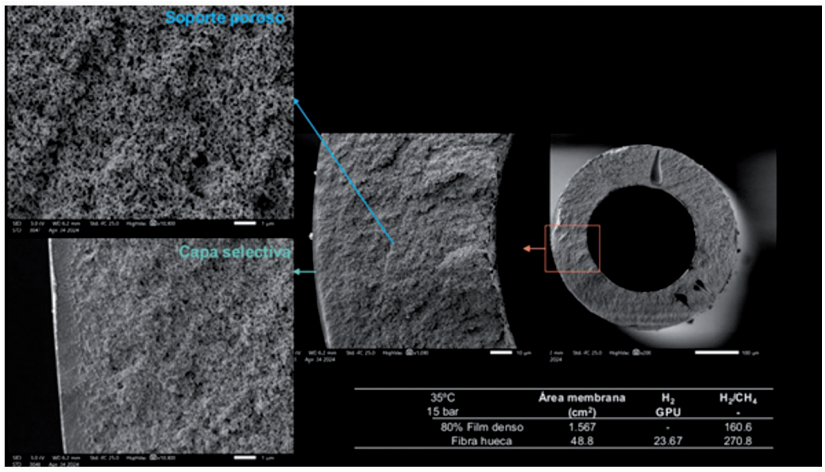
El proyecto de investigación se ha dividido en 3 fases:

En la fase 1 se han definido las condiciones de los ensayos a realizar y la selección de materiales poliméricos a estudiar. La mayoría de los fabricantes de membranas para purificación de H2 usan polímeros tipo poliimida, por lo que se han seleccionado 2 tipos, uno de alta selectividad y otro de baja selectividad.

Actualmente, se está finalizando la fase 2 del proyecto, en la que se estudian en laboratorio 144 casos (72 por cada material), basados en las condiciones que pueden darse en nuestra red de distribución de NORTEGAS. Primero se realizó la preparación de membranas planas densas y se testearon sus propiedades y, una vez validados los materiales, se han fabricado las membranas de fibra hueca en el laboratorio. Actualmente, se están realizando los test de cada caso (Figura 3).

A lo largo de 2025 se llevará a cabo la fase 3 del proyecto, en la cual se fabricará una unidad de membranas huecas de tamaño comercial del material que mejores resultados haya dado en laboratorio y se estudiarán sus propiedades y resultados en condiciones reales de funcionamiento.

FIGURA 3. Imagen de una fibra hueca fabricada para las pruebas de laboratorio obtenida mediante microscopio electrónico de barrido



SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE H2 DE ALTA PUREZA A PARTIR DE BLENDING DE H2-CH4

H2SITE en H2INTEGRA persigue el desarrollo de un sistema capaz de separar H2 dentro de la red de gas natural de acuerdo con las especificaciones y requerimientos diversos de su uso final, buscando la mayor pureza de H_2 posible.

Para tal objetivo, H2SITE es el responsable del diseño e integración de un sistema de separación el cual incorporará membranas metálicas de aleación de paladio y plata que permiten obtener mezclas enriquecidas en hidrógeno (hasta 99.9 %) en la parte del permeado, así como mezclas enriquecidas en metano en la parte del retenido adecuando la corriente de salida a las necesidades del usuario final.

Partiendo de una corriente de entrada CH4– H2 (p. ej. hasta 20 % de H2) se obtendrán dos corrientes de salida de interés:

- Corriente de gas natural con un porcentaje de hidrógeno bajo y ajustable mediante las condiciones de operación para su uso, por ejemplo, en gasinera.
- Hidrógeno de alta pureza para su uso, por ejemplo, en hidrogenara.

Durante el desarrollo del proyecto se han definido los valores mínimos de trabajo que debían presentar las membranas de aleación de paladio y plata para asegurar una separación selectiva asegurando tanto la pureza en el permeado como la % de H2 en el retenido, consiguiendo los resultados que se muestran en la Figura 4 (ver en la siguiente página) para una presión de 16 bar para mezclas con un porcentaje volumétrico de H2 entre el 5 % y 20 %.

Tras reafirmar la efectividad de las membranas para conseguir una alta pureza en todos los casos de estudio y confirmar la necesidad de aplicar vacío en el permeado para poder alcanzar una composición de retenido con un porcentaje de H2 por debajo del 2 % y así asegurar los requerimientos necesarios para los usuarios de gas natural, se está trabajando desde H2SITE en el diseño de un sistema capaz de trabajar, con diferentes porcentajes de H2 en la composición de entrada, siendo capaz de conseguir en todos los casos los dos objetivos principales:

» Desarrollo de componentes para la purificación del gas natural en mezclas de gas natural e hidrógeno en la red de distribución existente

FIGURA 4. Separación Selectiva de H2 en Mezclas del 5–20 %: Pureza >99,9 % y Retenido <2 % con Membranas Pd-Ag

RESULTADOS DE PUREZA >99,9%		
%vol. H2	Permeado a vacío	Permeado a presión atmosférica
5%	YES	YES
10%	YES	YES
20%	YES	YES

RESULTADOS DE <2% RETENIDO		
%vol. H2	Permeado a vacío	Permeado a presión atmosférica
5%	YES	NO
10%	YES	NO
20%	YES	NO

- Corriente de retenido con gas natural con un porcentaje de hidrógeno bajo (<2 %).
- Hidrógeno de alta pureza (< 99,9 %).

Actualmente H2SITE está trabajando en la ingeniería de detalle del prototipo industrial; diseñando un equipo de separación de gas natural e hidrogeno, que mediante el uso de membranas de paladio y plata consiga trabajar de manera automática con rangos de composición de hidrogeno en la entrada entre un 5 % y 20 %, consiguiendo un caudal de H2 entre 150 y 500 kg/d.

SEGURIDAD E INTEGRIDAD DE INFRAESTRUCTURAS DE H2

Si bien existe normativa, japonesa, americana y europea, en el ámbito de la seguridad en los procesos donde interviene el hidrógeno, sigue habiendo deficiencias de conocimiento y la necesidad de herramientas científicas basadas en teorías actuales y en una validación exhaustiva frente a una serie de experimentos llevados a cabo en diferentes condiciones.

Así, el objetivo del análisis de seguridad engloba las tareas de definición de una aproximación multirriesgo global que permitirá establecer un marco general de análisis y definir el concepto de elemento, sistema y red H2SAFETY, así como la implementación de una algoritmia de optimización basada en prestaciones, para lograr optimizar las soluciones iniciales.

DEFINICIÓN DE ESCENARIOS Y SOLUCIONES H2SAFETY

En cuanto a la definición de escenarios e investigación para el diseño TEAM ENGINEERING ha aplicado el concepto de solución H2SAFETY, que hace referencia a aquellas instalaciones cuya ratio de seguridad/inversión haya sido optimizado de acuerdo con una serie de escenarios de riesgo, criterios de probabilidad de fallo y análisis detallado de potenciales consecuencias.

Para ello, han estudiado los diferentes escenarios que abarca el proyecto H2INTEGRA, que van desde la producción del hidrógeno hasta su uso y distribución. Con los datos recopilados de estos escenarios, han identificado los peligros asociados y aplicado análisis cuantitativos de riesgo (QRA), criterios de probabilidad de fallo y análisis detallados de potenciales consecuencias. A los resultados obtenidos se aplicarán técnicas avanzadas de algoritmia para una optimización posterior.

El QRA en seguridad de hidrógeno utiliza datos científicos y técnicas de modelado para calcular y prever los riesgos de manera cuantitativa hacia el entorno y trabajadores, lo que permite a los responsables de la toma de decisiones implementar medidas de seguridad y mitigación efectivas para proteger a las personas y los activos, así como para garantizar la aceptación segura y eficiente del hidrógeno como una fuente de energía sostenible.

Desde TEAM han analizado las características de los análisis cuantitativos de riesgo basados en diferentes normativas aplicadas al hidrógeno, obteniendo resultados basados en métricas de riesgo, una clasificación de escenarios con detalle de tamaños de fugas o frecuencias esperadas de ocurrencia de fallos, alcanzando una

» El enfoque holístico de H2INTEGRA suple estas carencias existentes en los sistemas de seguridad de H2 mediante el modelado detallado de escenarios de riesgo

evaluación detallada de la seguridad de las instalaciones de hidrógeno, analizando tanto el interior como el exterior de las instalaciones.

Una vez determinados estos parámetros de riesgo, se procederá a aplicar una algoritmia de optimización para obtener una mejora en prestaciones y eficiencia de las soluciones de seguridad implementadas.

ALGORITMIA DE OPTIMIZACIÓN BASADA EN PRESTACIONES

La optimización de soluciones de H2INTEGRA se centra en la optimización de los modelos tradicionales de evaluación o QRA mediante el uso de herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), lo cual aporta un mayor nivel de precisión y detalle al análisis de riesgos.

Mientras que los modelos clásicos de QRA tienden a emplear enfoques simplificados, el enfoque de H2INTEGRA a través de los modelos de simulación permitirá una representación más detallada, abordando limitaciones clave de los modelos clásicos, tales como la subestimación de peligros, la dificultad de evaluación de medidas de control o carencias en la identificación de picos de concentración (Figuras 5 y 6).

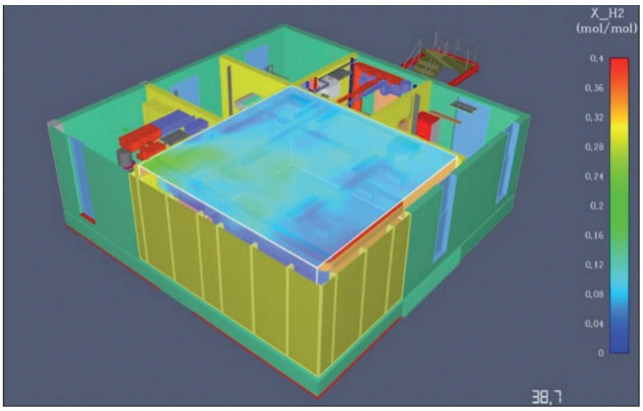
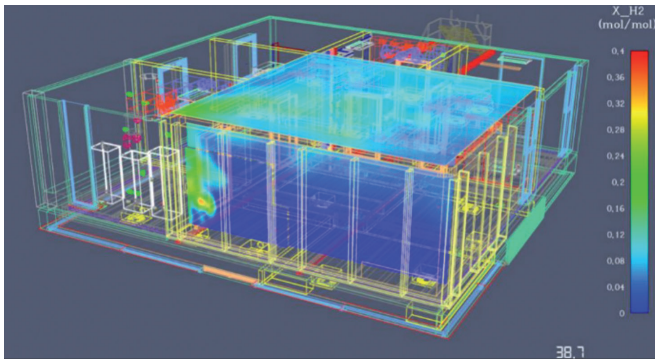
Es por ello por lo que el enfoque holístico de H2INTEGRA suple estas carencias a través de la optimización de medidas de mitigación y prevención, la identificación de puntos críticos y el modelado detallado de escenarios de riesgo.

H2INTEGRA es un proyecto de colaboración de investigación industrial de carácter estratégico plurianual (2023-2025) en el que participan las siguientes entidades: Petronor (coordinador), Envases Metalúrgicos de Álava, P.Q.C. *Power Quality Control,* TEAM Ingeniería y Consultoría, Tubos Reunidos, IBIL, CSP Iberian Bilbao Terminal, S*arralle Engineering,* H2SITE, Nortegas, ALBA *Emission Free Energy* y FERRO Maquinaria De Elevación.

Además, cuenta con el apoyo de Tecnalia y Petronor Innovación como agentes de la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación (RVCTI). Para más información visite la web: https://h2integraproject.com/

H2INTEGRA está subvencionado por el Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco (Programa HAZITEK 2023) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Abreviaturas

QRA– Análisi cuantitativos de riesgo (Quantitative Risk Analysis)
CFD – Dinámica de Fluidos Computacional (Computational Fluid Dynamics)

FIGURAS 5 Y 6. Modelización de QRA mediante herramientas CFD de la dispersión de hidrógeno