

WORKSHOP TÉCNICO

Ensuring the integrity of hydrogen pipelines

30 de octubre 2025

Conclusiones

Principales conclusiones

- **La colaboración entre los operadores de redes de transporte (TSO) es esencial para garantizar la seguridad, la fiabilidad y el rendimiento a largo plazo de las redes de transporte de hidrógeno.** Se están **realizando avances** para garantizar la integridad tanto de los **nuevos ductos** como de los de **gas natural reconvertidos para el transporte de hidrógeno**.
- **La interacción del hidrógeno con los materiales** es bien conocida y **puede cuantificarse con precisión mediante ensayos normalizados** de laboratorio y en campo que proporcionan datos fiables, lo que constituye una base sólida para la gestión de la integridad y la toma de decisiones.
- **Las normas internacionales** están evolucionando rápidamente, proporcionando a los operadores **directrices claras y mejores prácticas** para los nuevos ductos de hidrógeno y la reutilización de los ductos de gas natural existentes.
- Se está avanzando en numerosas iniciativas de investigación sobre tecnologías de inspección y en los criterios de aptitud para este servicio. Mientras tanto, **la adopción de supuestos específicos para cada caso y de estrategias conservadoras nos permite gestionar eficazmente la integridad de las tuberías durante la transición**.
- El workshop técnico “Ensuring integrity of hydrogen pipelines” ha logrado su objetivo: **compartir conocimientos, evidencias y avances tecnológicos que garantizan la seguridad y fiabilidad de los ductos de hidrógeno**.

La colaboración entre los operadores de sistemas de transporte (TSO) es esencial para garantizar la seguridad, la fiabilidad y el rendimiento a largo plazo de las redes de transporte de hidrógeno (1/2)

- El sistema energético europeo está experimentando una profunda transformación, en la que el hidrógeno verde es una pieza clave para alcanzar los objetivos de descarbonización. Por lo tanto, es fundamental **garantizar la seguridad, la fiabilidad y el rendimiento a largo plazo de las redes de transporte de hidrógeno.**
- Europa cuenta con una amplia y consolidada red gasista, respaldada por décadas de experiencia. Los operadores de sistemas de transporte (TSO) de todo el continente, incluidos Enagás, Snam y Fluxys, que estuvieron representados en el taller, están trabajando juntos para evaluar y desarrollar estrategias para la conversión de los ductos de gas natural existentes. Esta colaboración entre expertos técnicos y las principales partes interesadas garantiza que las conversiones cumplan con los más altos estándares de seguridad, eficiencia y fiabilidad.
- Tras cinco años de colaboración, se ha logrado una estandarización inicial, cautelosa pero suficiente para garantizar que los primeros activos reutilizados al 100 %, que pronto entrarán en funcionamiento, tengan éxito y generen nuevos conocimientos que refuerzen nuestro enfoque para 2030.

La colaboración entre los operadores de sistemas de transporte (TSO) es esencial para garantizar la seguridad, la fiabilidad y el rendimiento a largo plazo de las redes de transporte de hidrógeno (2/2)

- La Agencia Internacional de la Energía (AIE) estima que, **de los 37.000 km de ductos de hidrógeno previstos para 2035, aproximadamente un tercio** procederá de la reutilización de las redes de gas actuales. Por ejemplo, en Alemania, aproximadamente el 60 % de los ductos de hidrógeno previstos procederán de la infraestructura de gas natural existente, según las últimas previsiones de la Comisión Europea.
- Proyectos como SunsHyne, una iniciativa conjunta en la que participan cinco operadores (Net4Gas, OGE, Eustream, TAG y Snam), ilustran esta tendencia. Se ha completado un estudio sobre un corredor de hidrógeno de 3.400 km entre Sicilia y Alemania que muestra que el 85 % de la ruta utilizará gasoductos reconvertidos. Del mismo modo, Thyssengas ha comenzado a convertir un gasoducto de 53 km entre los Países Bajos y Alemania, y se espera que el hidrógeno comience a fluir en 2027 y que la integración completa de la red se produzca en 2030.
- Por lo tanto, **la reutilización de los gasoductos** es una oportunidad para mejorar la sostenibilidad, **reducir los costes y los plazos de desarrollo de los proyectos, así como minimizar el impacto medioambiental**, tanto durante la construcción como durante la explotación.

Soluciones técnicas para ductos de hidrógeno y gas natural reutilizados. La visión de los fabricantes de equipos originales, operadores de activos y centros de investigación (1/3)

Prueba de laboratorio: **La interacción del hidrógeno con los materiales de los ductos es bien conocida y puede cuantificarse con precisión mediante pruebas estandarizadas de laboratorio y en campo. Estas pruebas proporcionan datos fiables que reflejan su comportamiento en el mundo real, lo que constituye una base sólida para la gestión de la integridad y la toma de decisiones.**

- **Las campañas de pruebas Round-Robin son esenciales** para armonizar metodologías, validar resultados entre laboratorios y garantizar que los datos sean **representativos, repetibles y conservadores**. Este **enfoque colaborativo respalda la evolución de los estándares internacionales**.
- EPRG ha puesto en marcha un amplio programa de ensayos a pequeña escala para definir los parámetros de tenacidad a la fractura de una amplia gama de materiales provenientes de ductos modernos y antiguos que han estado operando tanto en servicio severo como en no corrosivo y en soldaduras de construcción. Basándose en este proyecto, **EPRG ha elaborado una guía de buenas prácticas** en la que se recomiendan **los parámetros clave para los ensayos**. Una vez establecido el protocolo, se han enviado muestras a 29 laboratorios para realizar una prueba inter-laboratorios (Round-Robin test).
- **Los operadores necesitan tener la certeza de que las pruebas de laboratorio** representan fielmente los ciclos de vida operativos reales. Para validarla, EPRG está llevando a cabo dos pruebas de fatiga a escala real: una en un ducto X70 moderno y otra en un ducto X60 antiguo. Estos ductos difieren significativamente: el X60 de la década de 1970 se basa en el endurecimiento por precipitación con alto contenido de carbono y manganeso, mientras que el X70 utiliza laminación controlada termomecánicamente para optimizar el tamaño del grano. Las pruebas a pequeña escala proporcionan un indicio fiable del comportamiento real de los ductos y, según ha observado EPRG, la resistencia a la fractura es actualmente mejor de lo que sugieren las pruebas a pequeña escala, lo que refuerza la confianza en la integridad de los activos.

Soluciones técnicas para ductos de hidrógeno y gas natural reutilizados. La visión de los fabricantes de equipos originales, los operadores de activos y los centros de investigación (2/3)

Estandarización: Los estándares internacionales están evolucionando rápidamente, proporcionando a los operadores directrices claras y mejores prácticas para los nuevos ductos de hidrógeno y la reutilización de los ductos de gas natural existentes.

- La estandarización Round Robin avanza más rápido que nunca gracias a un nivel de colaboración global sin precedentes. Expertos, instituciones y organizaciones como EPRG y PRCI, junto con casi todos los países interesados en la infraestructura del hidrógeno, están trabajando juntos para abordar puntos clave.
- Los ductos actuales de hidrógeno difieren mucho de los construidos hace un siglo, lo que hace que la norma ASME B31.12 haya quedado obsoleta para las necesidades actuales. Para acometer esta cuestión, el comité **ASME B31 ha encargado la elaboración de un documento provisional basado en el consenso** (CER, «Consensus Engineering Requirements»), que servirá de base para los nuevos apéndices específicos sobre hidrógeno de las normas ASME B31.8, B31.3 y B31.1, lo que implica la futura retirada de la norma B31.12. Esta iniciativa resuelve las incertidumbres anteriores en materia de cumplimiento, ya que las tuberías se diseñaron originalmente según la norma B31.8.
- En Europa, se está introduciendo una enmienda especial dedicada al hidrógeno en la revisión de la norma EN1594 (EN1594+A1). Esta «Enmienda 1» incluirá requisitos específicos para el servicio de hidrógeno, tanto para ductos nuevos como reconvertidos, un procedimiento para la reconversión de ductos de gas natural existentes y anexos específicos para la evaluación de la fatiga y la mecánica de fracturas, incluyendo seis «opciones» diferentes para establecer la dimensión de un defecto similar a una grieta, necesaria para realizar los cálculos.

Soluciones técnicas para ductos de hidrógeno y gas natural reutilizados. La visión de los fabricantes de equipos originales, los operadores de activos y los centros de investigación (3/3)

Gestión de la integridad: **Numerosas iniciativas de investigación están avanzando en las tecnologías de inspección y los criterios de aptitud para el servicio. Mientras tanto, la adopción de supuestos específicos para cada caso y estrategias conservadoras nos permiten gestionar eficazmente la integridad de los ductos durante la transición.**

- Para los operadores, la cuestión central relacionada con la gestión de la integridad es si el hidrógeno introduce variaciones en las condiciones que afectan a los ductos. Los ductos de hidrógeno y los de gas natural **comparten los mismos entornos**, por lo que se enfrentan a riesgos similares, como la corrosión y los daños externos. **La principal diferencia radica en los ciclos de presión-cuya fatiga** puede convertirse en un factor crítico que requiere una estrecha vigilancia. Otro aspecto relevante es la resistencia: muchos ductos antiguos presentan valores bajos, mientras que la mayoría de los modelos de evaluación de daños asumen una resistencia suficiente, lo que genera una brecha que requiere atención.
- Las tecnologías emergentes ofrecen soluciones prometedoras. Las herramientas tradicionales MFL («Magnetic Flux Leakage», fuga de flujo magnético) detectan la pérdida de metal, pero no todos los tipos de daños. **El MFL de bajo campo evita la saturación magnética, lo que permite detectar tensiones residuales causadas por cambios metalúrgicos, aunque la interpretación de las señales magnéticas sigue siendo compleja, especialmente bajo la influencia del hidrógeno.** La tecnología de corrientes parásitas, aún en fase conceptual, podría detectar la formación temprana de grietas, lo que ofrece capacidades de mantenimiento predictivo. Además, un avance revolucionario en esta tecnología es la capacidad de detectar grietas en cualquier orientación, no solo axiales o circunferenciales; lo que permite que una sola inspección cubra múltiples escenarios, mejorando la eficiencia y la fiabilidad.
- **Comprender el comportamiento de los materiales en presencia de hidrógeno también debería servir de guía para el diseño de tecnologías de detección y metodologías de evaluación. Con pruebas rigurosas y enfoques conservadores, tanto los nuevos ductos de hidrógeno como los activos reutilizados pueden funcionar de forma segura.**

Proyecto H2BIDEA: retos en la distribución con infraestructuras 100 % de hidrógeno

- Nortegas, el segundo mayor distribuidor de gas de España, presentó los avances clave del **proyecto H2BIDEA**, centrado en el **desarrollo y la modelización de valles de hidrógeno mediante tecnología de gemelos digitales**. La primera versión integrada, con un productor de hidrógeno y un consumidor, **estará lista para su prueba a finales de 2025**.
- Para este proyecto, se integró un compresor ABC 100 % de hidrógeno, capaz de funcionar a presiones entre 4 y 30-33 bar, con un caudal de hidrógeno de 10-15 Nm³/h. El compresor está diseñado como una unidad compacta de un solo módulo, sin fugas y totalmente compatible con las zonas ATEX.
- Además de los sistemas de compresión, el proyecto cuenta con la participación de socios industriales que están evaluando el impacto del hidrógeno en sus procesos de producción. Esto incluye la evaluación de diversos materiales para ductos, no solo para su uso en redes de distribución, sino también en ductos de transporte de alta presión.
- Nortegas también compartió los resultados del **proyecto H2AREA**, que examina **la compatibilidad de los materiales y componentes en las redes de distribución de gas natural para el uso de hidrógeno**. Estos logros reflejan la sólida colaboración que impulsa la innovación en el sector del hidrógeno.



Observatorio Tecnológico del **Hidrógeno**