



Los retos de seguridad de las energías alternativas:

¿Estamos preparados para gestionar **los riesgos** del **hidrógeno verde**?

Dr. Jesús Ceballos, Director de Proyectos de Seguridad de Procesos;  
Michael D. Snyder, PE, CSP, CFEI, CFPS Vicepresidente de Gestión de Riesgos Operacionales de DEKRA Norteamérica;  
Dr. Arturo Trujillo Vicepresidente, Grupo de Servicios de Seguridad de Procesos

DEKRA On the safe side.

Artículo Técnico DEKRA Advisory and Training

El hidrógeno verde y sus derivados representan un vector energético prometedor, descarbonizado y sostenible. En DEKRA, estamos convencidos de que un modelo de seguridad de procesos robusto es esencial para el desarrollo sostenible de la industria del hidrógeno verde en todas las fases del ciclo de vida del producto: desde la construcción y el funcionamiento de las instalaciones de producción hasta su transporte, almacenamiento, distribución y uso en los sectores de la movilidad, la industria y la calefacción de edificios consumidores de energía.

## Hidrógeno verde

El hidrógeno generado a partir de fuentes y energías renovables se denomina hidrógeno verde. Sirve como fuente de combustible y no genera CO<sub>2</sub>, ya que no contiene carbono. Se admite utilizar poco o ningún combustible que contenga carbono en su producción (en general, los certificados de hidrógeno verde no están normalizados, pero tienen un umbral de CO<sub>2</sub> en su definición). En su lugar, el consumo energético del hidrógeno simplemente genera agua. El hidrógeno verde es un vector energético muy versátil, ya que puede transformarse en electricidad o combustibles sintéticos y utilizarse con fines domésticos, comerciales, industriales o de movilidad. Representa una oportunidad especialmente importante para los sectores difíciles de descarbonizar, como el transporte pesado, así como los procesos de alta temperatura en la industria y la aviación, donde no se dispone de una solución eléctrica o no es comercialmente preferible y sigue siendo necesario un combustible sostenible.

# Propiedades del hidrógeno y seguridad



El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro y no tóxico, pero es extremadamente inflamable. De hecho, la ignición del hidrógeno requiere 15 veces menos energía que la del gas natural, y el rango de concentración en el aire en el que el hidrógeno es inflamable es 10 veces mayor que el de la gasolina. Una llama de hidrógeno es casi invisible para el ojo humano.



Tiene una densidad muy baja, 14 veces más ligero que el aire y 22 veces más que el propano, y se difunde muy rápidamente. En caso de fuga, asciende y se dispersa rápidamente (a más de 20 m/s).



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



Además, el hidrógeno es capaz de difundirse incluso a través de sólidos, lo que conlleva tanto la pérdida del combustible almacenado que se vierte a la atmósfera, como la posible fragilización de los metales utilizados para confinar el producto.

## Gestión de la seguridad en la industria del Hidrógeno Verde

Como contrapartida a sus propiedades medioambientales favorables, el hidrógeno plantea bastantes retos en términos de seguridad. Dadas sus propiedades, es esencial abordar el riesgo de explosión del hidrógeno adoptando las medidas adecuadas, como equipos aptos para su uso en atmósferas clasificadas con presencia de hidrógeno, ventilación, etc. El hidrógeno requiere instalaciones y materiales bastante particulares, así como programas de gestión de activos muy estrictos. De hecho, se necesitan conocimientos especializados para garantizar que el diseño de los equipos, la mitigación y los sistemas administrativos que respaldan los procesos en los que interviene el hidrógeno son adecuados para los riesgos presentes.

Cualquier instalación que utilice o produzca hidrógeno, incluso como subproducto, debe tener en cuenta determinados escenarios y factores a la hora de llevar a cabo un análisis de peligros o un procedimiento

similar. Entre ellos se incluyen los problemas de reactividad química y la posibilidad de reacciones incontroladas, los problemas de integridad mecánica y el riesgo de ataque por hidrógeno a alta temperatura (HTHA), y los factores de riesgo humano derivados a menudo de la falta de concienciación sobre los peligros.

Las instalaciones industriales que generan, procesan y almacenan hidrógeno implican un cierto nivel de riesgo para las personas, el medio ambiente y los activos. Por ello, es importante disponer de mecanismos de seguridad suficientes, así como de una gestión de riesgos adecuada, para prevenir catástrofes y minimizar sus posibles consecuencias.

Dado el particular perfil de riesgo del hidrógeno, las medidas de seguridad deben ir mucho más allá del mero cumplimiento de las obligaciones legales, la normativa industrial, los reglamentos técnicos o las normas de diseño. Exige el uso experimentado de herramientas avanzadas de identificación, evaluación y gestión de riesgos, como apoyo a la administración y la toma de decisiones.



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

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

Dos facetas de la gestión de riesgos en la industria son la seguridad en el diseño y la seguridad en las operaciones.

## Seguridad en el diseño

En la fase de diseño e ingeniería (conceptual, básica y de detalle), las plantas deben diseñarse con la seguridad inherente como objetivo, para minimizar los riesgos internos y externos. Por ejemplo, la gestión de inventarios y el espaciado de las instalaciones es un aspecto del diseño seguro. Aunque las instalaciones se diseñan con sistemas que eviten incendios y explosiones, la instalación debe diseñarse asumiendo que puede producirse una ignición para ayudar a minimizar el impacto de los incendios y explosiones primarios y secundarios. Los inventarios de hidrógeno a granel deben ubicarse teniendo en cuenta los edificios y unidades circundantes de la instalación para ayudar a limitar el riesgo para la instalación circundante y el personal.

Es fundamental, en la fase de diseño, realizar análisis de riesgos exhaustivos y aplicar las técnicas adecuadas para gestionar todos los peligros posibles.

Existen numerosas herramientas (HAZID, **HAZOP**, SIL Analysis, **LOPA**, FMECA, QRA, BRA, FERA, Fire & Gas, ALARP, Bow-tie, ATEX, entre otras) que pueden utilizarse en función de la fase de ingeniería, del proyecto a desarrollar, de los objetivos perseguidos y de la política de gestión de riesgos que el promotor y los ingenieros del proyecto hayan definido. Su aplicación aporta importantes beneficios en materia de seguridad a lo largo del ciclo de vida de la instalación, tales como:

- > Identificación de situaciones peligrosas
- > Evaluación de los daños
- > Determinación de la probabilidad de una catástrofe
- > Evaluación y cuantificación de los riesgos

## Seguridad en las operaciones

**Los sistemas de gestión de seguridad de procesos** que garantizan el correcto funcionamiento de los activos son esenciales. Los pilares fundamentales de un sistema de este tipo son:

- > Compromiso con la seguridad en todos los niveles de la organización, desde la dirección hasta los trabajadores.

- > Comprensión de los riesgos y peligros derivados del proceso de producción de hidrógeno.
- > Herramientas de gestión de riesgos para facilitar la supervisión de los procesos, así como disponer de mecanismos de seguridad fiables.
- > La capacidad de aprender de la experiencia traduciendo las lecciones aprendidas en mejoras.

Además, la gestión de las fuentes de ignición mediante la conexión a tierra y la garantía de que los dispositivos eléctricos cumplen los requisitos aplicables de clasificación de zonas peligrosas es básica para la seguridad del hidrógeno en las operaciones, al igual que los sistemas de detección de fugas y llamas.

Por último, las evaluaciones del factor humano pueden colmar lagunas en la concienciación sobre los peligros y proporcionar orientación paso a paso para llevar a cabo las tareas. Para que la seguridad de los procesos tenga éxito, debe ser algo más que un sistema de gestión: debe ser un componente fundamental de la cultura de una organización. DEKRA ha creado una solución para fomentar una cultura positiva de seguridad de procesos con el fin de proteger a las personas, el medio ambiente y los activos.

## Diagnóstico de la seguridad de procesos organizativos (OPS)

Los aspectos técnicos de la prevención de riesgos son importantes, pero no pueden aplicarse eficazmente sin desarrollar la competencia organizativa, la cultura y los sistemas de gestión. Las instalaciones que mejor gestionan sus riesgos reconocen la importancia de desarrollar procesos de trabajo y sistemas de gestión sólidos en sus instalaciones. El Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos (CCPS) ofrece recursos complementarios para implantar un programa de seguridad de procesos basado en el riesgo que puede ampliarse en función de la complejidad del proceso y de la organización que gestiona el riesgo. Se diferencia de otros requisitos legales en que introduce un conjunto de sistemas de gestión además de componentes de cultura organizativa y desarrollo de competencias.

DEKRA ofrece una solución de evaluación de la seguridad de los procesos organizativos que puede utilizarse para identificar puntos ciegos operativos, comparar el sistema de gestión y la cultura con las mejores prácticas y ayudar a desarrollar una hoja de ruta para la mejora continua.

# El programa de seguridad de procesos basado en el riesgo

te ayuda:

1. Fomentar la competencia y el desarrollo de habilidades de todo el personal, incluidos los trabajadores de primera línea, sus supervisores y el personal de apoyo técnico
2. Crear una cultura sólida en el personal, de forma que sea consciente de las propiedades explosivas del hidrógeno y esté dispuesta a detener el trabajo si las condiciones parecen inseguras
3. Implantar sistemas de gestión sólidos que establezcan una base técnica de seguridad, identificación de peligros y evaluaciones de riesgos, prácticas de trabajo seguras, procedimientos de emergencia, excelencia operativa en torno a los procedimientos y un programa sólido de integridad de los activos.



## Conclusiones y recomendaciones

El hidrógeno verde es un vector energético que puede contribuir a la descarbonización del planeta. Con tanto en juego, su desarrollo debe ir acompañado de los más altos niveles de seguridad en el diseño y la ingeniería, así como en la operación y el mantenimiento.

El punto de partida es la presencia de personal informado, competente y preparado para afrontar los retos de la seguridad de los procesos de las plantas de hidrógeno. En segundo lugar, es clave el uso de herramientas avanzadas para la identificación, evaluación y gestión de riesgos.

Éstas permiten seleccionar las tecnologías y materiales adecuados para la construcción de la instalación y supervisar y analizar los riesgos durante las operaciones. Entre ellas se incluyen HAZID, HAZOP, SIL, LOPA, QRA, BRA y FERA, entre otras. Por último, un sistema de gestión de la seguridad de los procesos (PSM), como el DEKRA Organizational Process Safety, ayuda a prevenir eventos adversos.

**¿Quieres más información? ¡Contacta con nuestros expertos!**

### **Dr. Jesús Ceballos**

Jesús Ceballos es ingeniero químico con un máster en ingeniería de procesos y un doctorado en ingeniería. Trabaja como Jefe de Proyecto de Gestión de Seguridad de Procesos en DEKRA Chile.

### **Michael D. Snyder**

Michael D. Snyder, PE, CSP, CFEI, CFPS es el Vicepresidente de Gestión de Riesgos Operativos de DEKRA Norteamérica y asesor en ensayos de seguridad de procesos químicos y servicios de consultoría. Anteriormente fue Director Global de Seguridad y Prevención de Pérdidas de Dow Corning Corp, responsable de dirigir los programas de seguridad laboral y de procesos de la empresa. Actualmente forma parte de la Junta Directiva del Center for Chemical Process Safety (CCPS) y ha sido miembro del Consejo de Normas de la National Fire Protection Association (NFPA).

### **Dr. Arturo Trujillo**

El Dr. Arturo Trujillo es Vicepresidente de la División de Servicios de Consultoría y Formación, Grupo de Servicios de Seguridad de Procesos de DEKRA. Sus principales áreas de especialización son diversos tipos de análisis de peligros de procesos (HAZOP, What-if, HAZID), análisis de consecuencias y análisis cuantitativo de riesgos. Ha participado en numerosos proyectos durante los últimos 35 años, especialmente en los sectores del petróleo y el gas, la energía, los productos químicos y la industria farmacéutica.

### Process Safety Advisory and Training Services

DEKRA Organizational and Process Safety es una empresa de consultoría en cambio de comportamiento y seguridad de procesos. Trabajando en colaboración con nuestros clientes, nuestro enfoque consiste en evaluar la seguridad de los procesos e influir en la cultura de la seguridad con el objetivo de marcar la diferencia.

En cuanto al cambio de comportamiento, proporcionamos las habilidades, los métodos y la motivación para cambiar las actitudes de liderazgo, los comportamientos y la toma de decisiones entre los empleados. Nuestro objetivo es ayudar a nuestros clientes a crear una cultura de la atención y una mejora sostenible y cuantificable de los resultados en materia de seguridad. La amplitud y profundidad de nuestra experiencia en seguridad de procesos nos convierte en especialistas reconocidos en todo el mundo y en asesores de confianza. Ayudamos a nuestros clientes a comprender y evaluar sus riesgos, y trabajamos juntos para desarrollar soluciones pragmáticas. Nuestro enfoque práctico y de valor añadido integra la gestión especializada de la seguridad de procesos, la ingeniería y los ensayos. Tratamos de educar y aumentar la competencia del cliente para proporcionar una mejora sostenible del rendimiento. En colaboración con nuestros clientes, combinamos la experiencia técnica con la pasión por la preservación de la vida, la reducción de daños y la protección de activos.

Somos una unidad de servicios de DEKRA SE, líder mundial en seguridad desde 1925, con más de 45.000 empleados en 60 países y cinco continentes. Como parte de la principal organización mundial de expertos DEKRA, somos el socio global para un mundo seguro.

Tenemos oficinas en Norteamérica, Europa y Asia.

Para más información, visita <https://www.dekra.es/es/seguridad-de-procesos/>

To contact us: <https://www.dekra.es/es/formulario-contacto/>