

LOGESPEC

VIGILANCIA TECNOLÓGICA  
P. 4

# TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN CON HIDRÓGENO VERDE

UNA REVOLUCIÓN PARA EL SECTOR ELÉCTRICO INDUSTRIAL

La transición energética hacia un mundo libre de emisiones de carbono ha impulsado a la industria eléctrica a buscar alternativas innovadoras. Dentro de este contexto, el hidrógeno verde, producido a partir de fuentes renovables como la eólica y la solar, emerge como una solución prometedora para la generación de electricidad. Al abordar los desafíos de descarbonización y almacenamiento de energía, el hidrógeno verde se perfila como una alternativa versátil y escalable, con un potencial disruptivo para las cadenas industriales. Este artículo explora los avances tecnológicos y casos de éxito que están marcando un antes y un después en el sector eléctrico, proporcionando una hoja de ruta para ingenieros industriales interesados en adoptar o integrar esta tecnología en sus operaciones.

## ¿QUÉ ES EL HIDRÓGENO VERDE Y POR QUÉ ES CRUCIAL?

El hidrógeno verde es el hidrógeno obtenido mediante la electrólisis del agua, utilizando electricidad de fuentes renovables. Esta electrólisis separa las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno, sin producir emisiones de dióxido de carbono. A diferencia del hidrógeno "gris" (obtenido de gas natural) o "azul" (producido con gas natural, pero con captura de carbono), el hidrógeno verde es completamente limpio, lo que lo convierte en una opción esencial para reducir la huella de carbono en aplicaciones industriales y eléctricas.

## PRINCIPALES TECNOLOGÍAS EN EL USO DE HIDRÓGENO VERDE PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

### Celdas de Combustible de Hidrógeno (Fuel Cells):

Las celdas de combustible de hidrógeno convierten el hidrógeno en electricidad mediante una reacción electroquímica, produciendo únicamente vapor de agua como subproducto. Las tecnologías más avanzadas en este campo son las celdas de óxido sólido (SOFC) y las de protones (PEMFC), que ofrecen una alta eficiencia de conversión y son ideales para aplicaciones de carga base en redes eléctricas.

### Turbinas de Hidrógeno:

Aunque las turbinas de gas convencionales pueden utilizar hidrógeno como combustible, las innovaciones actuales están centradas en desarrollar turbinas específicamente diseñadas para quemar hidrógeno puro. Este avance permite a las plantas térmicas de ciclo combinado operar de manera limpia y rentable.

### Electrólisis Avanzada para la Producción de Hidrógeno:

Las tecnologías de electrólisis se están perfeccionando para hacer el proceso de generación de hidrógeno más eficiente y rentable. La electrólisis alcalina y la electrólisis de membrana de intercambio de protones (PEM) están ganando popularidad por su eficiencia y capacidad de integración con fuentes renovables intermitentes.

## CASOS DE ÉXITO DE HIDRÓGENO VERDE EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

### 1. PROYECTO HYWIND TAMPEN (NORUEGA): ELECTRIFICACIÓN DE PLATAFORMAS MARINAS CON HIDRÓGENO Y ENERGÍA EÓLICA

Equinor, la gigante energética noruega, ha desarrollado un innovador proyecto en el Mar del Norte en el que combina energía eólica con hidrógeno para electrificar plataformas petroleras, lo cual representa una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Este proyecto utiliza turbinas eólicas flotantes que alimentan electrolizadores, generando hidrógeno verde que es almacenado y luego utilizado en celdas de combustible para suplir energía a las plataformas en momentos de baja generación eólica. Esto no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también optimiza el consumo energético en entornos offshore.

### 2. PLANTA DE HIDRÓGENO VERDE EN FUKUSHIMA (JAPÓN): UN MODELO DE RESILIENCIA ENERGÉTICA

El desastre nuclear de Fukushima impulsó a Japón a adoptar fuentes renovables en su matriz energética. En 2020, la planta de hidrógeno de Fukushima, una de las más grandes del mundo, comenzó a producir hidrógeno verde a partir de energía solar. Este hidrógeno es utilizado para la generación eléctrica a través de celdas de combustible PEM, demostrando cómo una planta de generación limpia puede alimentar redes urbanas y, al mismo tiempo, reducir la dependencia de combustibles fósiles en una región afectada por desastres. La planta sirve

además como modelo de resiliencia y estabilidad para redes de suministro locales.

### 3. PROYECTO ACES DELTA (ESTADOS UNIDOS): ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN EL DESIERTO DE UTAH

El proyecto Advanced Clean Energy Storage (ACES) Delta en Utah es uno de los más grandes de almacenamiento de hidrógeno a nivel mundial. Almacena hidrógeno verde generado con energía eólica y solar en cavernas subterráneas, el cual puede ser convertido nuevamente en electricidad en momentos de alta demanda. Este sistema combina almacenamiento a gran escala y flexibilidad para las redes eléctricas, ofreciendo una solución robusta para la intermitencia de las renovables y ayudando a balancear la red en horas pico.

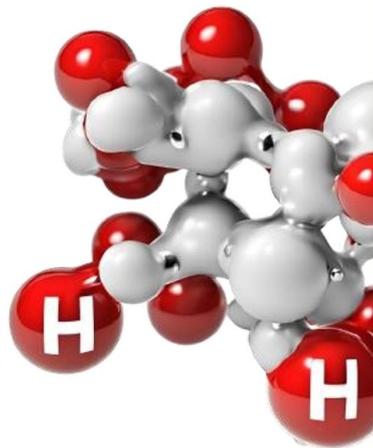
## RETOS ECONÓMICOS Y TECNOLÓGICOS DEL HIDRÓGENO VERDE

A pesar de los avances, la producción de hidrógeno verde enfrenta varios desafíos tecnológicos y económicos que limitan su adopción masiva:

**Costo de Producción:** La producción de hidrógeno verde aún es costosa en comparación con el hidrógeno gris. La electrólisis requiere grandes cantidades de energía, lo que hace que su costo sea sensible a las variaciones del precio de la electricidad. Sin embargo, se espera que las economías de escala y el avance en los electrolizadores reduzcan el costo en los próximos años.

**Infraestructura de Almacenamiento y Transporte:** El hidrógeno, siendo el elemento más ligero, es difícil de almacenar y transportar. Las investigaciones actuales están centradas en el desarrollo de materiales y sistemas de almacenamiento más seguros y eficientes, como los tanques de hidruros metálicos y los pipelines dedicados.

**Eficiencia en Conversión y Distribución:** Si bien las celdas de combustible son una tecnología eficiente, aún presentan limitaciones en su tiempo de vida y costos de mantenimiento. Las investigaciones en nuevos materiales y diseño de celdas están en curso para mejorar la durabilidad y reducir el costo por kilovatio generado.



## EL FUTURO DEL HIDRÓGENO VERDE EN LA CADENA ELÉCTRICA INDUSTRIAL

El hidrógeno verde es cada vez más considerado como una piedra angular en la transición energética industrial. Al integrar este recurso con redes de distribución y generación, las industrias podrán reducir sus emisiones y mejorar su independencia energética. Sin embargo, para que el hidrógeno verde alcance su potencial, es fundamental la colaboración entre actores del sector público y privado, así como la inversión en tecnologías de almacenamiento y distribución.

### FINALMENTE:

Para la cadena industrial del sector eléctrico, el hidrógeno verde representa una oportunidad sin precedentes para la generación de electricidad limpia y la descarbonización. Ingenieros y gestores deben considerar los desarrollos actuales y analizar la viabilidad de implementar sistemas de hidrógeno verde, ya sea en celdas de combustible, turbinas o combinados con almacenamiento, para mejorar la sostenibilidad y competitividad de sus operaciones. La adopción del hidrógeno verde no solo responde a las necesidades de reducción de emisiones, sino que abre una nueva era de innovación que transformará la infraestructura energética industrial hacia un modelo más resiliente y sostenible.

NORMAS  
RELACIONADAS

LOGESPEC  
VIGILANCIA TECNOLÓGICA

1. ISO 14687: Hidrógeno de Grado para Celdas de Combustible - Requisitos de Calidad del Producto

Especifica los requisitos de calidad para el hidrógeno utilizado en celdas de combustible, especialmente en vehículos de transporte, pero también aplicable a otras aplicaciones como la generación de energía.

2. ISO 16110-1: Generación de Hidrógeno en Aplicaciones Energéticas – Parte 1: Sistemas de Generación de Hidrógeno por Reformado de Gas Natural

Define los requisitos de diseño y rendimiento para sistemas de generación de hidrógeno, abordando su eficiencia y seguridad.

3. IEC 62282-2: Tecnologías de Celdas de Combustible - Parte 2: Sistemas de Energía con Celdas de Combustible para Aplicaciones Estacionarias

Aborda los sistemas de celdas de combustible para generación de energía en aplicaciones estacionarias, incluyendo especificaciones de eficiencia, seguridad y pruebas.

4. ISO/TR 15916: Aspectos Básicos de Seguridad para el Hidrógeno y Sistemas de Hidrógeno

Proporciona directrices de seguridad para la manipulación de hidrógeno, abordando riesgos asociados y buenas prácticas para sistemas de hidrógeno.

5. ISO 22734: Generación de Hidrógeno mediante Electrólisis de Agua – Aplicaciones Industriales, Comerciales y Residenciales

Establece requisitos para sistemas de electrólisis de agua para la producción de hidrógeno en aplicaciones de pequeña y gran escala.

6. IEC 60079-10-1: Atmósferas Explosivas - Clasificación de Áreas

Proporciona directrices para la clasificación de áreas donde el hidrógeno puede estar presente en concentraciones peligrosas, ayudando a establecer protocolos de seguridad.

7. ISO 19880-1: Estaciones de Hidrógeno - Parte 1: Requisitos Generales

Define los requisitos generales para estaciones de servicio de hidrógeno, incluyendo la seguridad, diseño y operación. Aunque se centra en estaciones de repostaje, también es relevante para aplicaciones industriales.

8. ISO 26142: Sistemas de Detección de Hidrógeno

Norma que establece los requisitos para los sistemas de detección de hidrógeno en aplicaciones industriales y comerciales, cubriendo métodos de medición, sensibilidad y ubicación de sensores.

NORMAS  
RELACIONADAS

LOGESPEC  
VIGILANCIA TECNOLÓGICA

9. IEC 62282-3-100: Tecnologías de Celdas de Combustible – Parte 3-100: Métodos de Ensayo para Sistemas de Energía en Celdas de Combustible Portátiles y Estacionarias

Detalla los métodos de prueba y medición para sistemas de celdas de combustible portátiles y estacionarios, incluyendo pruebas de eficiencia y durabilidad.

10. ISO 20898: Materiales de Almacenamiento de Hidrógeno y Componentes de Transporte para Celdas de Combustible

Especifica requisitos para los materiales y componentes utilizados en el almacenamiento y transporte de hidrógeno en aplicaciones de celdas de combustible.

11. ISO 17268: Interfaz para Acople de Vehículos con Hidrógeno Gaseoso

Esta norma describe la interfaz de conexión entre estaciones de hidrógeno y vehículos, asegurando una conexión segura. Si bien está orientada a vehículos, los principios de conexión y desconexión son aplicables a otros sistemas.

12. IEC 62282-4-101: Tecnologías de Celdas de Combustible - Parte 4-101: Sistemas de Celdas de Combustible de Micro-combustión

Norma para microceldas de combustible y su uso en aplicaciones portátiles de generación eléctrica, incluyendo especificaciones de seguridad, rendimiento y pruebas.

13. ISO 14692: Sistemas de Tuberías de Poliéster Reforzado con Fibra (GRP) para la Industria del Petróleo, Petroquímica y Gas Natural

Se centra en las especificaciones de los sistemas de tuberías de poliéster reforzado, ampliamente usados en el transporte seguro de hidrógeno y otros gases en instalaciones industriales.

14. ISO 23309: Transporte de Hidrógeno Líquido – Buenas Prácticas y Requisitos

Define los requisitos para el transporte de hidrógeno líquido, con énfasis en el manejo seguro, las temperaturas criogénicas y los materiales necesarios para evitar fugas.

15. IEC 60479-1: Efectos de las Corrientes Eléctricas en el Cuerpo Humano y Animales Domésticos – Parte 1: Efectos Generales

Aunque esta norma es más general, aborda los efectos de las corrientes eléctricas en el cuerpo humano, un tema relevante en aplicaciones de hidrógeno y celdas de combustible donde la seguridad es fundamental.