

Del sol y el viento al hidrógeno verde y metano sintético

Andrés A. Amell Arrieta

Ingeniero mecánico y magíster en Economía
de La Energía y Los Recursos Naturales
andres.amell@udea.edu.co

Camilo Echeverri-Urbe

Ingeniero mecánico y magíster en Ingeniería
camilo.echeverriu@udea.edu.co

Hidrógeno verde, gris, azul, negro, rosa, blanco. Esta paleta de colores que se le ha asignado a las formas de producir energía no se trata de un color de la materia sino de una convención para indicar los modos de su producción.

Verde para el hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovables; gris para el producido a partir de gas natural mediante un proceso llamado reformado de vapor, que libera dióxido de carbono que contribuye al calentamiento global; azul para el que también se obtiene del gas natural pero con la diferencia de que se captura y almacena el dióxido de carbono generado en el proceso para reducir su impacto ambiental; marrón para el hidrógeno que se produce a partir del carbón con captura y almacenamiento del dióxido de carbono;

rosa para el hidrógeno producido a partir de la electrólisis del agua y que utiliza energía nuclear; y blanco para el hidrógeno que se genera naturalmente en el subsuelo por la interacción del agua con las rocas y a través de otro tipo de reacciones químicas.

De este espectro es posible generar hidrógeno verde a partir del sol y el viento. Esta tecnología fue instalada por el grupo Ciencia y Tecnologías del Gas y Uso Racional de la Energía —GASURE— de la Universidad de Antioquia junto con el grupo Desarrollo de Estudios y Tecnologías Ambientales del Carbono —DESTACAR— de la Universidad de La Guajira. Esta tecnología es conocida como *power-to-gas*, y es la primera planta piloto en Colombia y Latinoamérica en la que se produce hidrógeno verde y metano sintético. Está ubicada en La Guajira, el departamento de Colombia donde se tienen las mejores condiciones de radiación solar y vientos para la producción de energía renovable.

Producción de bajo impacto ambiental

Microplanta solar en la Universidad de la Guajira de un sistema *power-to-gas*. Fotografía: Cortesía del grupo de investigación.

El hidrógeno verde no es sino el hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovable como la solar o la eólica y el color de su convención hace referencia a que la producción de este hidrógeno



POWER-TO-GAS

Sistemas de almacenamiento de energía

		
	Tiempo que demora en descargarse	Capacidad de almacenamiento de energía
VOLANTE DE INERCIA 	0-45 MINUTOS	1-100 KWh
BATERÍAS 	2 MINUTOS - 12 HORAS	5 KWh - 10 MWh
AIRE COMPRIMIDO 	2 HORAS - 15 DÍAS	5 MWh - 1 GWh
ALMACENAMIENTO POR BOMBEO 	1 DÍA - 26 DÍAS	100 MWh - 10 GWh
HIDRÓGENO (POWER-TO-GAS) 	1 HORA - 1 MES	1 GWh - 10 TWh
METANO (POWER-TO-GAS) 	3 HORAS - 1 AÑO	35 GWh - 8 TWh



Un hogar colombiano, en promedio, consume 157 kWh en un mes o lo que es lo mismo 5,23 kWh en un día. Fuente: UPME.

PLANTA

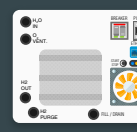
Planta piloto *power-to-gas* (PtG) para la producción de hidrógeno de bajas emisiones y metano sintético.



Microplanta eólico-solar 15 kW:
- 10 kW fotovoltaicos.
- 5 kW eólicos.



Inversor para el sistema eólico.
Microinversores para el sistema fotovoltaico (solar).



HIDRÓGENO VERDE



Electrólisis con electricidad proveniente de energías renovables

HIDRÓGENO BLANCO



Hidrógeno que se genera naturalmente

EMISIONES

Tecnología para la producción de hidrógeno

GAS

HIDRÓGENO ROSA



Electrólisis con
energía procedente de
central nuclear

HIDRÓGENO AZUL



Reformado de gas natural con
Captura, Uso y Almacenamiento de
Carbono (CCUS, por sus siglas en
inglés) también aplica para
gasificación del carbón
con CCUS.

ASOCIADAS DE CO₂

tecnologías de
producción de
hidrógeno (H₂)

HIDRÓGENO GRIS



Reformado de gas
natural sin CCUS

HIDRÓGENO MARRÓN

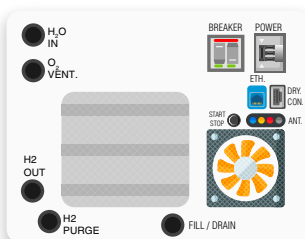


Gasificación del
carbón con CCUS

Esta tecnología permite almacenar grandes cantidades de energía por largos periodos de tiempo comparada con otras tecnologías de almacenamiento de energía.

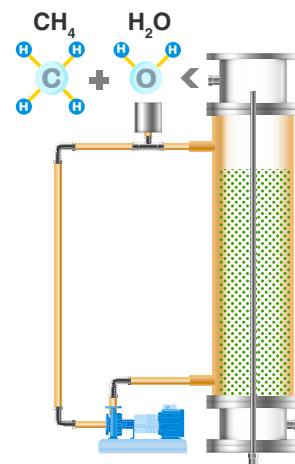
El metano obtenido por **power-to-gas** puede utilizar la infraestructura existente del gas natural para su transporte, distribución, usos finales y exportación en forma de metano líquido.

ELECTRÓLISIS



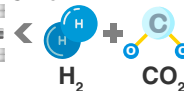
Proceso que utiliza electricidad para dividir el agua (H₂O) en sus elementos básicos: hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂). Este proceso se hace en un electrolizador que puede ser: Alcalino (AEL), Membrana de Intercambio de Protones (PEM), Óxido Sólido (SOEC), y Membrana de Intercambio de Aniones (AEM).

METANACIÓN



Proceso químico en un reactor que convierte hidrógeno (H₂) y dióxido de carbono (CO₂) en metano (CH₄), el principal componente del gas natural. Esto se da gracias a un catalizador y la reacción de Sabatier: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

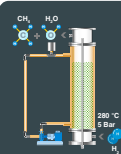
280 °C
5 Bar



Producción de hidrógeno con electrolizador AEM, generando 1 m³/h a 30 bar.



Tanque pulmón/almacenamiento de H₂ de 100 L a 30 bar.



Producción de metano sintético en reactor de metanación con una conversión de CO₂ del 92 %.



Sistema de combustión de hidrógeno.

tiene bajo impacto ambiental en relación con otros métodos como, por ejemplo, el hidrógeno gris en donde el hidrógeno es producido a partir de gas natural sin capturar de dióxido de carbono, lo que significa que puede tener un impacto ambiental más alto. Cuando se realiza un proceso de combustión con alto contenido de aire, la llama del hidrógeno sería invisible al ojo humano; en otros casos, tendría un color rojizo, pero este se atribuye a impurezas en el aire o al arrastre de partículas en las tuberías del hidrógeno que al estar a altas temperaturas generan el color rojizo. Teniendo en cuenta lo anterior, ya queda claro que no se trata de que el hidrógeno tenga un color, sino que es una convención estandarizada a nivel internacional para hablar de sus modos de producción.

Electrolizador AEM de un sistema *power-to-gas*.

Fotografía: Cortesía del grupo de investigación.

Power-to-gas es una tecnología que convierte energía eléctrica, especialmente la generada por fuentes renovables como el sol y el viento, en gas (energía química), principalmente hidrógeno (verde) o metano sintético. Este último se genera a través de un reactor que usa un catalizador y los gases de hidrógeno y dióxido de carbono. El propósito de esta tecnología radica en aprovechar los excesos de electricidad producida por paneles solares o turbinas eólicas en un día soleado o ventoso para almacenarla en forma de gas y usarla en el momento que se requiera. Es aquí donde surge el interés en esta tecnología, ya que existen diferentes tecnologías para el almacenamiento de energía, pero el *power-to-gas* se presenta como la de mejor capacidad de almacenamiento y tiempo de descarga, es decir, el tiempo en que el dispositivo se queda sin energía almacenada.

La instalación y los rendimientos

En el proyecto se instalaron paneles fotovoltaicos para la generación de 10 kW de energía y un aerogenerador con capacidad de generar hasta 5 kW, por lo que la planta piloto es de 15 kW eléctricos. Hasta este punto se tiene la generación de energía, pero ¿y el hidrógeno? Este se produce a través de una tecnología conocida como electrólisis del agua, que consiste en dividir el agua (H_2O) en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) utilizando electricidad, por medio de un equipo conocido como electrolizador, que puede ser de diferentes tipos; para el proyecto ejecutado, es del tipo Membrana de Intercambio Aniónico (AEM, por sus siglas en inglés).



Hasta aquí hemos producido hidrógeno verde, pero ahora, si mezclamos el hidrógeno verde con dióxido de carbono y lo hacemos pasar por lo que se conoce como un reactor de metanación, que, gracias a una reacción química, produce agua y metano que, como no fue producido a través de combustibles fósiles, es conocido como metano sintético. Su importancia radica en que, por un lado, al ser casi idéntico al gas natural, se puede usar la infraestructura de tuberías ya existente y usarse en equipos ya instalados, lo que evita grandes inversiones. Y por otro lado, al producirse utilizando CO₂, se convierte en una herramienta importante para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que avanza hacia la meta de carbono neutro.

Algunos retos de este proyecto fueron las revisiones normativas en relación con el uso, almacenamiento y distribución del hidrógeno. Al tratarse de un combustible, la seguridad es un aspecto fundamental a tener en cuenta, y no se debe escatimar en esfuerzos en este aspecto. Asimismo, el diseño y fabricación de un quemador que puede operar con 100 % de hidrógeno fue otro de los aspectos que hicieron que este proyecto fuera retador. Como se mencionó anteriormente, en este caso, como se puede ver en el video, con el hidrógeno no se observa una llama, pero al acercar un objeto se ve cómo este se empieza a quemar.

Escanea el código QR para ver un video de combustión del hidrógeno



Turbina eólica de un sistema Power to gas en la Universidad de la Guajira. Fotografía: Cortesía del grupo de investigación.



El reto final fue el diseño del reactor de metanación para la producción del metano sintético, un sistema que requirió de análisis teóricos, de simulaciones numéricas y de experimentos previos para obtener la información necesaria que permitiera diseñar y fabricar el prototipo final del reactor. El prototipo construido e instalado en la planta piloto puede obtener conversión del CO₂ de hasta el 92 %, es decir, casi todo el dióxido de carbono reaccionó para producir metano sintético, un buen resultado para ser el primer proyecto de este tipo instalado en Latinoamérica.

El *power-to-gas* es una forma inteligente de almacenar la energía excedente de fuentes renovables en forma de gas, que luego puede ser utilizado como combustible o como fuente para la producción de energía eléctrica cuando no haya sol o viento. **X**

Glosario

Aerogenerador: Dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Consiste en una torre con hélices que giran cuando el viento sopla, lo que activa un generador que produce electricidad.

Panel fotovoltaico: Dispositivo que convierte la luz solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Está compuesto por células

solares que generan corriente continua cuando son expuestas a la luz.

Electrolizador: Equipo que utiliza electricidad para descomponer agua en hidrógeno y oxígeno a través de un proceso de electrólisis. Es fundamental para la producción de hidrógeno verde cuando la electricidad proviene de fuentes renovables.

Metanación: Proceso químico en el que se produce metano a partir de hidrógeno y dióxido de carbono. Este proceso se utiliza para almacenar energía renovable en forma de gas, lo que contribuye a la descarbonización y a la economía circular.

Nombre del proyecto: Desarrollo de un sistema *power-to-gas* (PTG) en el contexto de las fuentes de energía renovables y convencionales disponible en La Guajira. Convocatoria: 792-2017 2ª CONVOCATORIA ECOSISTEMA CIENTÍFICO PARA LA FINANCIACIÓN DE PROGRAMAS DE I+D+i

Nombre del programa: Alianza para la sostenibilidad energética de los sectores industrial y de transporte colombiano mediante el aprovechamiento de recursos renovables regionales - SÉNECA. **Equipo de trabajo:** Universidad de Antioquia - GASURE: Andrés A. Amell Arrieta, Camilo Echeverri Uribe, Andrés F. Colorado, Cristian Camilo Mejía Botero, Juan Esteban Ferrer Ruiz, Diana Carolina Rodríguez Henao, Alejandro Restrepo Román, Mateo Viana Cadavid. Universidad de La Guajira - DESTACAR: Marlon Bastidas Barranco, Darío Serrano Flórez, Carlos Vides Prado, Jhon Jairo Ditta Granados, Yeltsin Monroy Estrada.