

HIDRURA: resultados prometedores en tecnologías de futuro para la generación de hidrógeno verde - Energética 21

- El proyecto europeo HIDRURA, liderado por TECNALIA, logra avances clave en tecnologías emergentes para la producción de hidrógeno verde, como la electrólisis de agua de mar y la pirólisis de biogás.

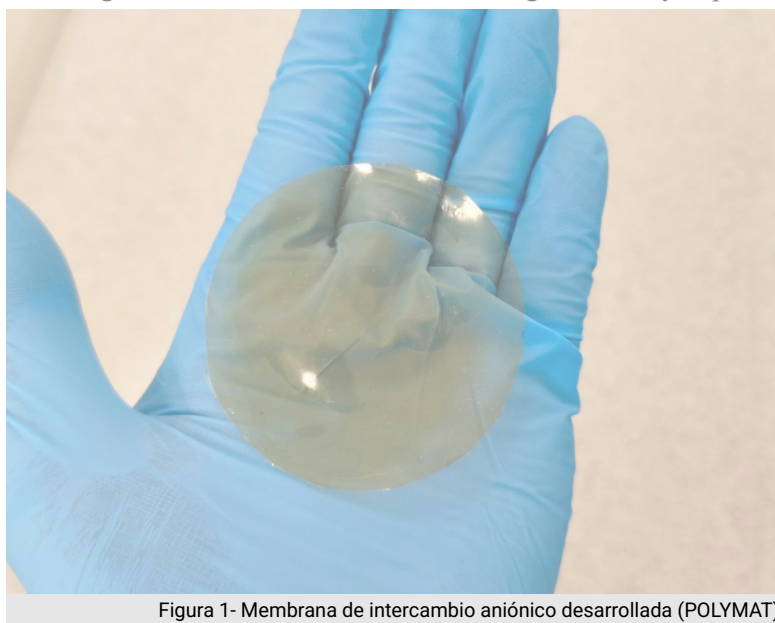


Figura 1- Membrana de intercambio aniónico desarrollada (POLYMAT)

tecnologías de futuro

hidrógeno verde

electrólisis de agua de mar

electrólisis desacoplada

pirólisis de biogás

<https://energetica21.com/articulo/hidrura-resultados-prometedores-tecnologias-futuro-generacion-hidrogeno-v...>

Energética 21

Lunes, 04 mayo 2026

El proyecto europeo HIDRURA, liderado por TECNALIA, logra avances clave en tecnologías emergentes para la producción de hidrógeno verde, como la electrólisis de agua de mar y la pirólisis de biogás.

El **proyecto HIDRURA** comenzó en 2024, cuando la Unión Europea situó el hidrógeno renovable como una pieza clave del plan RePowerEU para alcanzar los objetivos climáticos. Esta estrategia exigía desplegar decenas de gigavatios de electrólisis, así como avanzar en tecnologías capaces de reducir costes, limitar el uso de materiales críticos y mejorar la eficiencia de los procesos. Sobre esta base, el proyecto HIDRURA —liderado por el centro tecnológico TECNALIA— ha dedicado dos años al desarrollo de componentes clave para tres tecnologías emergentes para la producción de hidrógeno verde: la electrólisis de agua de mar, la electrólisis desacoplada y la pirólisis de biogás.

Electrólisis de agua de mar: avances en una línea aún desafiante

La electrólisis directa de agua de mar permite producir hidrógeno renovable sin necesidad de desalinizar previamente el recurso, lo que simplifica las infraestructuras y facilita su implantación en puertos, islas y zonas costeras con escasez de agua dulce. Su principal dificultad reside en la propia composición del agua de mar. La presencia de cloruros, sales, materia orgánica y microorganismos

provoca ensuciamiento y corrosión en electrodos y membranas. Además, reduce la eficiencia y favorece la formación de cloro y otros subproductos no deseados durante la reacción.

La investigación actual en electrólisis directa de agua de mar se orienta al desarrollo de electrocatalizadores más selectivos, recubrimientos protectores y configuraciones de celda capaces de operar en presencia de impurezas sin pérdida significativa de eficiencia. En HIDRURA, este enfoque se ha materializado en el diseño y la caracterización de membranas, catalizadores y electrodos específicamente adaptados a las condiciones del agua de mar, complementados con actividades de modelización computacional para optimizar el comportamiento y las condiciones de operación de las celdas.

En este contexto, POLYMAT ha centrado su trabajo en el desarrollo de nuevas membranas AEM capaces de mantener estabilidad en medios alcalinos con cloruros. Para ello, se han sintetizado membranas basadas en líquidos iónicos poliméricos de dialilamonio mediante fotopolimerización y se ha funcionalizado celulosa tanto para mejorar su estabilidad como su capacidad de intercambio iónico. Como resultado, se han obtenido membranas AEM con alta capacidad iónica de intercambio y buenas propiedades mecánicas para su posterior utilización en los electrolizadores.

En paralelo al desarrollo de membranas, se abordó la optimización de los electrodos. En el ánodo, la reacción de desprendimiento de oxígeno en medio alcalino se ve especialmente comprometida por la desactivación catalítica y la corrosión inducida por cloruros, además de la competencia con la reacción de evolución de cloro. CIDETEC ha trabajado en catalizadores NiFe-LDH, modificando su estructura mediante intercambio aniónico para reducir el envenenamiento de los centros activos. Paralelamente, TECNALIA ha desarrollado electrodos nanoestructurados de Ni-Fe mediante pulverización catódica en ángulo oblicuo, que generan arquitecturas columnares tridimensionales con mayor superficie electroactiva y modificando la interacción con el electrolito. Sobre estas estructuras se han incorporado capas de NiFeOx y recubrimientos de SiO₂ que actúan como barrera selectiva frente a cloruros. Las pruebas en monocelda con electrolito sintético de agua de mar muestran una operación estable a 0,7 A cm⁻², aunque con actividad inferior a la obtenida en KOH puro, reflejando el impacto corrosivo del cloruro y la necesidad de seguir reforzando la estabilidad a largo plazo.

En el cátodo, CIDETEC ha sintetizado sulfuros metálicos libres de materias primas críticas, un avance especialmente relevante para el despliegue industrial, donde la competitividad depende no solo de la actividad electrocatalítica, sino también de la disponibilidad y estabilidad de la cadena de suministro. Por su parte, TEKNIKER ha fabricado electrodos NiMo mediante la técnica de “magnetron sputtering”, los cuales presentan sobrepotenciales competitivos y bajas tasas de degradación frente a electrodos comerciales basados en metales nobles, reforzando así su potencial para un despliegue industrial más sostenible.

Finalmente, EHU-IE ha desarrollado un modelo fluidodinámico de celda que, tras validarse experimentalmente, permite analizar flujos bifásicos y optimizar la evacuación de oxígeno. El estudio de geometrías ha identificado el diseño serpentino como el más eficiente, proporcionando una herramienta clave para el escalado industrial.

En conjunto, los avances logrados en HIDRURA han supuesto un avance con respecto al estado actual de la tecnología, que permite abordar una nueva fase en su madurez tecnológica hacia un futuro despliegue.

Electrólisis desacoplada: progresos hacia una operación más flexible

La electrólisis desacoplada plantea una alternativa a la electrólisis convencional al separar temporalmente la producción de hidrógeno y oxígeno mediante un electrodo redox intermedio capaz de actuar como ánodo o cátodo según el pulso aplicado. Esta separación evita mezclas explosivas de gases, permite operar con energías renovables intermitentes y reduce la complejidad del sistema, garantizando un hidrógeno de alta pureza. Su flexibilidad operativa la convierte en una opción atractiva para integrar electrólisis en entornos donde la disponibilidad energética fluctúa.

Uno de los avances más relevantes dentro del proyecto HIDRURA ha sido el desarrollo de electrodos catódicos de platino con cargas ultrabajas, muy inferiores a las utilizadas comercialmente, depositados mediante "magnetron sputtering", una técnica poco explorada en este ámbito pero con claras ventajas frente a métodos húmedos o químicos convencionales. TEKNIKER ha caracterizado estos electrodos mediante SEM, XPS e ICP-OES, confirmando la calidad del material depositado. Los ensayos ex-situ e in-situ en condiciones estándar de AEMWE (KOH 1 M) demuestran que la reducción drástica de carga de Pt no compromete la actividad catalítica. Además, los ensayos prolongados en monocelda muestran bajas velocidades de degradación, reforzando su potencial para aplicaciones industriales donde la reducción de materiales críticos es un factor clave.

El electrodo redox intermedio, pieza central de la electrólisis desacoplada, ha sido desarrollado por TECNALIA a partir de MnO_2 . Su caracterización electroquímica ex situ, ha confirmado su reversibilidad, es decir, su capacidad para oxidarse y reducirse de forma estable a lo largo de los ciclos de O_2 y H_2 . Para completar la arquitectura de la celda, se han evaluado electrodos comerciales de Ni-Al (cátodo) y Ni-Fe (ánodo), seleccionados para la prueba de concepto por su mayor actividad frente a otros materiales sintetizados. (Imagen:Figura 2)

La actividad asociada a la etapa de potencia ha abordado el diseño conceptual y la simulación de tres topologías: electrolizadores de corriente continua, de corriente pulsada y desacoplados. El análisis considera aspectos como la interconexión de celdas, la distorsión y regulación de la energía inyectada a red, el control de tensión, las condiciones de operación de los componentes, la refrigeración y las relaciones volumen-potencia y volumen-coste. Se ha identificado que los electrolizadores pulsados pueden generar impactos significativos en la red y exigir sobredimensionamiento de ciertos elementos. Para mitigarlo, se ha estudiado una topología entrelazada que reduce estas desventajas y alcanza un rendimiento comparable al de los sistemas de corriente continua, predominantes en la industria.

La prueba de concepto de la celda desacoplada se ha realizado aplicando pulsos eléctricos alternos que activan la reacción HER en el cátodo (pulso catódico, entre el electrodo negativo y el electrodo intermedio) y la OER en el ánodo (pulso anódico, entre el electrodo positivo y el intermedio). La corriente pulsada, aplicada en forma de onda cuadrada, permite separar temporal y espacialmente la producción de hidrógeno y oxígeno. La optimización posterior ajustando parámetros como amplitud, voltaje, forma de onda, frecuencia y ángulo de fase, muestra que frecuencias bajas, en torno a 5 Hz,

maximizan la corriente generada y, por tanto, la producción de gas. Los caudales de H₂ y O₂ obtenidos aún deben de ser cuantificados para evaluar el rendimiento global del proceso.

Pirólisis de biogás: avances en la conversión termoquímica hacia hidrógeno

La pirólisis de biogás se plantea como una vía alternativa para la producción de hidrógeno renovable mediante la descomposición térmica del metano en ausencia de oxígeno. Este proceso permite obtener hidrógeno y fijar el carbono en forma sólida, evitando su emisión como CO₂ y generando materiales carbonosos con potencial de valorización, como nanotubos o nanofibras. Su integración en plantas de biogás agrogranaderas, urbanas o industriales ofrece una opción flexible para producir hidrógeno destinado a usos químicos e industriales, al tiempo que se genera un coproducto de alto valor añadido.

En el marco de HIDRURA se han llevado a cabo tareas de diseño y optimización de un reactor específico, ensayos experimentales de pirólisis y una caracterización detallada de los materiales carbonosos obtenidos. Este trabajo ha permitido establecer las bases para un diseño avanzado del reactor a mayor escala, incorporando aspectos hidrodinámicos del lecho que resultan críticos para su escalabilidad. Los ensayos han mostrado conversiones de metano superiores al 80 % utilizando catalizadores no nobles, con selectividades a hidrógeno también superiores al 80 % a temperaturas por debajo de 800 °C. La caracterización del carbono producido confirma la formación de estructuras tipo nanotubo en el rango nanométrico, lo que abre la puerta a su valorización en aplicaciones industriales.

Estos resultados permiten anticipar que la pirólisis de biogás puede contribuir a una producción competitiva de hidrógeno renovable, combinando generación de H₂ con fijación de carbono en forma sólida y valorizable. La colaboración entre EHU-IQMA y TECNALIA ha permitido integrar modelización, diseño de reactor, validación experimental y análisis de materiales, sentando una base sólida para futuros desarrollos orientados a soluciones escalables y con baja huella de carbono.

(Imagen:Figura 3)

El equipo del proyecto y su Comité Asesor

El proyecto HIDRURA ha sido desarrollado por un consorcio de 7 agentes de la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación (RVCTI): TECNALIA, CIDETEC, EHU, PETRONOR INNOVACIÓN, POLYMAT, TEKNIKER y BASQUENERGY Cluster.

Además, HIDRURA ha contado con un Comité Asesor coordinado y dinamizado por BASQUENERGY Cluster. En el mismo han participado 9 empresas que han aportado “feedback” y orientación de mercado al proyecto: BOSLAN, FLUYTEC, IDOM, INGETEAM, SAITEC, SARRALLE, SENER, FNX y NOVARGI.

El proyecto ha sido subvencionado por el Departamento de Industria, Transición Energética y Sostenibilidad del Gobierno Vasco a través del Programa ELKARTEK.

Artículo escrito por: