DESAFÍO UNIVERSIDAD - EMPRESA

Esta necesidad tecnológica forma parte del Concurso de Proyectos de I+D+i y/o consultoría en colaboración Universidad – Empresa "Desafío Universidad Empresa" 2026 organizado por la Fundación Universidades y Enseñanzas Superiores de Castilla y León.

TÍTULO DE LA DEMANDA TECNOLÓGICA A RESOLVER

Referencia:

NT49

Título de la demanda tecnológica propuesta

Valorización de aguas subterráneas para la producción de hidrógeno renovable y la rehabilitación sostenible de las zonas mineras de Castilla y León

Acrónimo:

MINA-H2-CYL.

Áreas de interés de la demanda tecnológica

(Principal) Energía y medioambiente

Hábitat: recursos endógenos (minería, forestal) y construcción eficiente

Resumen:

Se propone investigar el aprovechamiento de aguas de antiguas explotaciones mineras de Castilla y León como recurso alternativo para producir hidrógeno renovable. Mediante una prueba de concepto experimental sobre agua subterránea de León, se caracterizarán los contaminantes críticos y se ensayarán tratamientos avanzados a pequeña escala para alcanzar la calidad requerida por electrolizadores PEM. La innovación consiste en relacionar la composición del agua, la eficacia de purificación y los requisitos electroquímicos, determinando la viabilidad técnica, la recuperación hídrica y las limitaciones del recurso. El proyecto impulsará la economía circular y la rehabilitación sostenible de territorios mineros.

PALABRAS CLAVE: Agua subterránea, Hidrógeno renovable, Electrólisis PEM, Tratamiento avanzado del agua, Economía circular.

DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD DEMANDADA

1.- Descripción de la demanda tecnológica.

La producción de hidrógeno renovable mediante electrólisis del agua requiere un suministro de agua de elevada pureza, especialmente en los electrolizadores de membrana de intercambio protónico (PEM), cuya operación puede verse afectada por la presencia de sales disueltas, metales, sílice y otras sustancias capaces de alterar el funcionamiento de la membrana y de los componentes electroquímicos.

En este contexto, el agua acumulada en explotaciones mineras subterráneas constituye un recurso potencialmente aprovechable para nuevos usos tecnológicos. Sin embargo, su aptitud para la producción de hidrógeno no puede determinarse únicamente mediante parámetros generales de calidad, sino que requiere identificar los contaminantes relevantes, evaluar su eliminación mediante tratamientos selectivos y comprobar que el agua acondicionada cumple las especificaciones exigibles a un sistema PEM.

Se plantea desarrollar un estudio experimental aplicado al agua procedente de una instalación minera subterránea de la provincia de León, con el objetivo de determinar su viabilidad como recurso de partida para producir hidrógeno renovable, priorizando la innovación analítica, los ensayos de tratamiento a pequeña escala y la validación de la calidad final del agua.

La demanda tecnológica consiste en diseñar y ejecutar una metodología de evaluación que permita:

a) Caracterizar el agua subterránea de partida. Realizar una campaña de muestreo limitada y representativa, con determinación de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza, sulfatos, cloruros, sílice, hierro, manganeso, aluminio y otros elementos potencialmente interferentes, seleccionados según los resultados preliminares. Se incluirá la evaluación de la variabilidad de los parámetros más relevantes, sin necesidad de desarrollar una campaña hidrogeológica extensa.

b) Identificar los parámetros críticos para la electrólisis PEM. Contrastar los resultados analíticos con los requisitos de calidad del agua de alimentación establecidos por el fabricante del electrolizador o, en su defecto, con criterios técnicos de referencia debidamente justificados. Se prestará especial atención a la conductividad o resistividad, la presencia de iones, los metales y la sílice, evitando considerar la conductividad como único indicador de aptitud.

c) Evaluar tecnologías avanzadas de acondicionamiento. Investigar, mediante ensayos de laboratorio o de banco, una secuencia de tratamiento adaptada a la composición real del agua. Se considerarán, según las necesidades detectadas, la filtración, el acondicionamiento químico, la ósmosis inversa y una etapa de desionización final mediante electrodesionización o resinas de intercambio iónico de alta pureza. Se priorizará la combinación que permita alcanzar la calidad requerida con el menor consumo de reactivos, agua y energía.

d) Comprobar experimentalmente la calidad del agua tratada. Determinar la conductividad final y verificar, mediante análisis específicos, la reducción de los contaminantes críticos. Siempre que exista disponibilidad de un banco experimental y dentro del presupuesto, se valorará una

prueba funcional de corta duración con una celda o un pequeño electrolizador PEM existente, sin adquirir un equipo industrial ni comprometer la integridad de sus componentes.

e) Estimar la viabilidad técnica y económica. Elaborar un balance preliminar de agua, estimar el rendimiento del tratamiento, el volumen de rechazo generado y los consumos específicos de energía y reactivos. Se identificarán las principales limitaciones para una futura ampliación, sin abordar el diseño de una instalación industrial completa.

f) Obtener una metodología transferible. Desarrollar un protocolo de muestreo, caracterización, selección del tratamiento y verificación de calidad que permita evaluar, en futuras fases, otras aguas mineras de características similares y su posible aprovechamiento como recurso para la producción de hidrógeno renovable.

El proyecto se plantea como una campaña de campo y aprovechamiento preferente de equipamiento analítico y experimental ya disponible. El resultado permitirá determinar si el recurso estudiado es técnicamente acondicionable, qué tratamiento requiere y qué condiciones deben cumplirse antes de plantear su utilización en un sistema PEM.

2.- Antecedentes.

La electrólisis del agua es una de las tecnologías disponibles para producir hidrógeno renovable cuando se alimenta con electricidad de origen renovable. Entre las distintas configuraciones, la tecnología PEM presenta interés por su capacidad de respuesta a variaciones de potencia y su potencial integración con fuentes renovables variables.

Su funcionamiento exige controlar la calidad del agua de alimentación para limitar la acumulación de contaminantes y evitar problemas de operación, pérdida de prestaciones o deterioro prematuro de los componentes. Por ello, la selección de un recurso hídrico alternativo debe basarse tanto en su composición inicial como en la eficacia del tratamiento necesario para alcanzar las especificaciones del equipo.

Las aguas asociadas a antiguas explotaciones mineras pueden presentar composiciones muy diferentes en función de la geología, los materiales atravesados, las condiciones de inundación y la evolución hidroquímica del sistema. Pueden contener concentraciones variables de sulfatos, hierro, manganeso, otros metales, dureza, sílice y sales disueltas. Estas características hacen necesario estudiar cada recurso antes de considerar su aprovechamiento tecnológico.

Aunque existen tecnologías comerciales para obtener agua de alta pureza, su aplicación directa no resuelve por sí sola la cuestión planteada: se desconoce qué combinación de operaciones resulta adecuada para la composición concreta del agua estudiada, qué contaminantes condicionan su aprovechamiento y qué prestaciones pueden alcanzarse con un tratamiento proporcionado.

La oportunidad de innovación reside en vincular la caracterización de un recurso hídrico minero con ensayos experimentales orientados específicamente a la alimentación de un electrolizador PEM. De esta forma, el trabajo no se limita a analizar el agua ni a proponer un tratamiento genérico, sino que busca establecer una relación verificable entre composición, tratamiento, calidad final y requisitos electroquímicos.

El estudio se concibe como una primera fase de viabilidad, con medios de laboratorio existentes y un número limitado de muestras y ensayos. Sus resultados servirán para decidir si procede avanzar hacia una demostración funcional de mayor duración o descartar el recurso por razones técnicas o económicas.

3.- Posibles enfoques del proyecto de investigación.

Se proponen los siguientes enfoques, compatibles con una ejecución de pequeña escala:

3.1. Caracterización analítica dirigida. Selección de los parámetros de mayor relevancia para un electrolizador PEM y análisis de un número reducido de muestras representativas. Se podrán emplear técnicas instrumentales avanzadas, como cromatografía iónica para aniones y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para elementos traza, cuando la composición inicial y los límites de cuantificación requeridos lo justifiquen.

3.2. Ensayos comparativos de tratamiento. Evaluación de una o dos secuencias de acondicionamiento a escala de laboratorio, seleccionadas a partir de los resultados analíticos. Se estudiará especialmente la combinación de separación de sales y pulido final, cuantificando la calidad obtenida, el rendimiento de recuperación de agua y la generación de rechazo.

3.3. Verificación específica para PEM. Definición de un protocolo de aceptación del agua tratada basado en parámetros medibles y criterios de calidad documentados. Se valorará una comprobación funcional en una celda o banco PEM disponible, siempre que las condiciones de seguridad, el equipamiento y el presupuesto lo permitan.

4.- Enfoques sin interés.

No se considera objeto de esta demanda:

- Elaborar un inventario exhaustivo de minas, pozos, galerías inundadas o lagos mineros de Castilla y León.
- Ejecutar campañas hidrogeológicas extensas, sondeos, aforos prolongados o estudios detallados de variabilidad estacional y estratificación.
- Diseñar, construir o adquirir un electrolizador PEM industrial o una planta completa de producción de hidrógeno.
- Desarrollar una planta industrial de tratamiento, incluyendo ingeniería de detalle, obra civil o sistemas completos de captación y distribución.
- Comparar exhaustivamente todas las tecnologías de electrólisis (alcalina, AEM, SOEC y PEM), al centrarse la demanda en los requisitos de alimentación de un sistema PEM.
- Repetir únicamente análisis convencionales de calidad del agua sin relacionarlos con los contaminantes críticos, los ensayos de tratamiento y los requisitos de la electrólisis.
- Limitar el trabajo a seleccionar equipos comerciales mediante catálogos, sin experimentación, comparación de resultados ni generación de conocimiento aplicado.
- Realizar ensayos prolongados de durabilidad, campañas de producción continuada, certificaciones de producto o demostraciones industriales.
- Desarrollar un estudio completo de autorizaciones, concesiones, impacto ambiental o integración energética de una futura planta industrial.

El objetivo prioritario es obtener una respuesta experimental, técnicamente fundamentada y económicamente proporcionada sobre la aptitud del agua subterránea seleccionada para ser acondicionada y utilizada como agua de alimentación de un electrolizador PEM.

Si desea remitir una propuesta de solución tecnológica *(proyecto de investigación y/o consultoría)* ***deberá enviar el formulario de participación*** *(ANEXO II), descargable en* ***www.redtcue.es/desafio*** ***a una de las direcciones de correo electrónico que se indican en las bases del concurso antes del 18/12/2026***

Acceso a información general del concurso

FUESCYL
FUNDACIÓN UNIVERSIDADES Y ENSEÑANZAS SUPERIORES DE CASTILLA Y LEÓN

Junta de Castilla y León

t-cue TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Universidad Empresa

RIS3 CASTILLAYLEÓN 2014-2020

desafío universidad-empresa