



Proyecto Desiree: Desarrollo de tecnología SOEC con componentes avanzados y compresión termoquímica

Desiree Project: Development of enhanced SOEC technology with advanced components and thermochemical compression

Xabier Sevillano

**Responsable de Innovación del Departamento de Integración en Red, Almacenamiento e Hidrógeno de CENER
Head of Innovation of the Grid Integration, Electrical Storage and Hydrogen Department at CENER**

El hidrógeno verde ha ganado popularidad en los últimos años como uno de los candidatos con gran potencial para conseguir la descarbonización de sectores intensivos en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y el desacoplamiento del sistema energético, evitando así la intermitencia propia de las energías renovables, mediante su uso como vector energético.

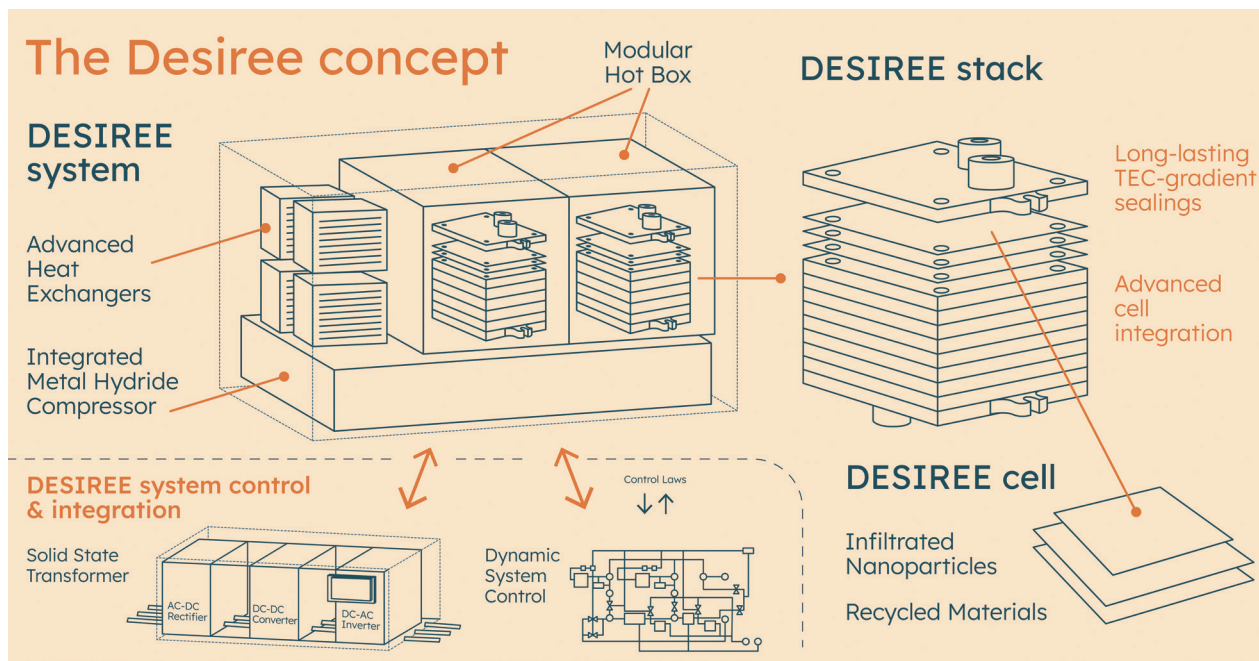
Green hydrogen has gained traction in recent years as an alternative with considerable potential to achieve both the decarbonisation of greenhouse gas intensive sectors and the decoupling of the energy system, by overcoming the inherent intermittency of renewable sources through its use as an energy carrier.

Más aún, se han identificado otras utilidades del hidrógeno como, por ejemplo, la provisión de servicios a la red eléctrica. España forma parte esencial del plan europeo para conseguir una economía del hidrógeno verde, ya que dispone de un alto nivel de recurso renovable. Sin embargo, a pesar de este elevado potencial, y de que se vienen realizando grandes avances en las tecnologías de producción, para conseguir que el hidrógeno forme parte de nuestra vida cotidiana es necesario superar aún algunas barreras existentes hoy en día, como la falta de consumidores claros y la incertidumbre, tanto de la demanda como de la oferta de hidrógeno, aspectos que generan dudas a la hora de acometer grandes proyectos, por lo que serían recomendables incentivos que mejoren la actual rentabilidad de los grandes proyectos.

Precisamente la eficiencia de la producción de hidró-

Moreover, additional uses for hydrogen have been identified, such as electricity grid services. Spain has a key role to play in the European plan to develop a green hydrogen economy, thanks to its abundant renewable resources. However, despite this considerable potential and the major advances in production technologies, several barriers need to be overcome before hydrogen can become part of everyday life. These include the lack of clearly defined end users and uncertainty on both the demand and supply sides, factors that create hesitation to undertake large scale projects. Incentives to improve the profitability of major projects would therefore be beneficial.

Improving the efficiency of hydrogen production is one of the main outstanding challenges to be overcome in order to achieve greater competi-



geno es uno de los principales retos pendientes que limitan su competitividad. Las tecnologías más consolidadas, como la electrolisis alcalina o la de Membrana Polimérica (PEM), presentan en general eficiencias de conversión de aproximadamente hasta el 60%, lo que obliga a plantear instalaciones muy grandes (alto Capex) para conseguir una producción interesante. Sin embargo, la tecnología de electrolisis a alta temperatura, o SOEC (Solid Oxide Electrolytic Cells), constituye una alternativa con alto potencial para la producción de hidrógeno, merced a sus altas eficiencias, superiores al 80%. Esta alta eficiencia se consigue gracias a sus condiciones de operación, que implican trabajar a temperaturas entre 600 y 800 °C. Merece la pena destacar además que la tecnología SOEC presenta una clara oportunidad para el mercado en aplicaciones intensivas en energía, en especial las que disponen de calores residuales aprovechables por los electrolizadores. En estas aplicaciones (aceras, industria vidriera, fertilizantes, industria química y petroquímica, entre otras), las eficiencias pueden rozar el 100%.

Actualmente la tecnología SOEC se encuentra en una etapa de implementación y consolidación, y cuenta con algunos proyectos demostrativos interesantes y una decena de fabricantes de equipos a nivel mundial. Se trata de una tecnología donde existen aún retos técnicos, principalmente asociados al incremento de la vida útil de los equipos y la reducción de los costes de producción del hidrógeno.

El Área de Hidrógeno del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), inició su andadura en 2021 y surgió con el firme propósito de contribuir a la competitividad de esta tecnología, trabajando a todos los niveles gracias, entre otras cuestiones, a las capacidades de su singular

veness. The most established technologies, such as alkaline electrolysis and Polymer Electrolyte Membrane (PEM) electrolysis, typically offer conversion efficiencies of up to around 60%, meaning that very large facilities (high Capex) are needed to achieve meaningful production levels. However, conversion efficiencies of over 80% make high temperature electrolysis, or SOEC (Solid Oxide Electrolytic Cells), a hydrogen-production alternative of great potential. These high efficiencies are achieved through operating conditions that require temperatures between 600 and 800 °C. Moreover, SOEC technology represents an excellent market opportunity in energy intensive applications, particularly those where recovered heat can be used by electrolyzers. In such applications — steelmaking, glass manufacturing, fertilisers, and the chemical and petrochemical industries, among others — efficiencies can approach 100%.

SOEC technology is currently at a stage of implementation and consolidation, with several interesting demonstration projects underway and around a dozen equipment manufacturers worldwide. This technology still faces technical challenges, mainly related to extending equipment service life and reducing hydrogen production costs.

The Hydrogen Area of the National Renewable Energy Centre of Spain (CENER) was born in 2021 with the clear goal of enhancing the competitiveness of this technology. It operates at all levels, thanks mainly to the capabilities of its unique laboratory, the HyGrIn Lab. The team is working on the development of new materials and processes for electrochemical cells, as well as on the design,

laboratorio, HyGrIn Lab. El equipo trabaja en el desarrollo de nuevos materiales y procesos para celdas electroquímicas, así como en el diseño, ensamblado y modelización del comportamiento de stacks SOEC. Además, cuenta con un equipo de ingenieros especializado en el diseño y prototipado de electrolizadores y pilas de combustible de esta tecnología.

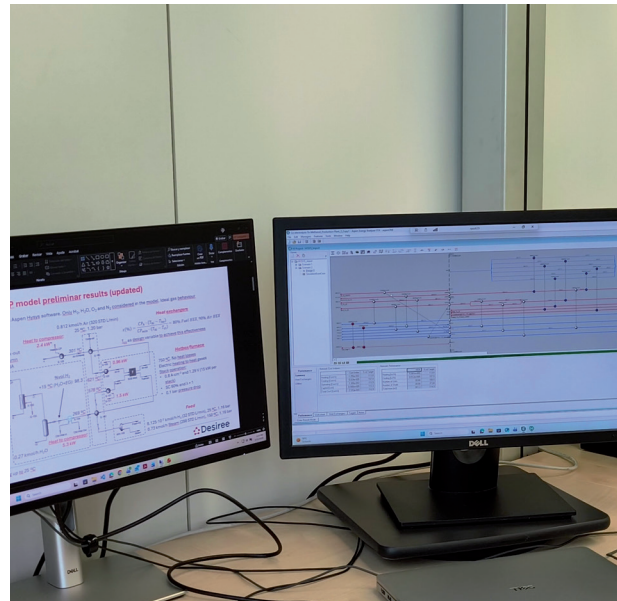
De hecho, en estos años el Área de Hidrógeno de CENER ha conseguido una posición consolidada en el ámbito de la investigación en esta tecnología, como lo demuestra liderando el proyecto de I+D+i DESIREE (Desarrollo de componentes SOEC mejorados para una mayor fiabilidad y durabilidad), financiado por la Comisión Europea dentro del programa Clean Hydrogen Joint Undertaking. En el proyecto DESIREE participan 12 entidades europeas de referencia de España, Francia, Alemania, Bélgica, Italia y Finlandia, del ámbito académico, como el Instituto de Nanomateriales de Aragón (INMA-CSIC), el Comisariado de la Energía Atómica y las Energías Renovables (CEA), la Universidad Politécnica de Turín, el Instituto Fraunhofer o el Centro de Investigación Técnica de Finlandia VTT, que trabajan en colaboración con empresas tecnológicas de alto nivel, como Genvia (fabricante francés de electrolizadores SOEC), Bosal (uno de los principales fabricantes europeos de intercambiadores de calor) o Eifhytec (start-up especializada en compresión termoquímica). Zabala Innovation presta soporte adicional en las labores de comunicación.

El proyecto DESIREE (<https://desiree-hydrogen.eu>) tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia, la fiabilidad y la durabilidad de los electrolizadores SOEC, aplicando

assembly and modelling of SOEC stack behaviour. It also has a team of engineers specialising in the design and prototyping of electrolyzers and fuel cells based on this technology

In this period, The CENER Hydrogen Area has firmly established its position in the research of this technology, as indicated by its role as leader of the DESIREE (Development of Enhanced SOEC Components for Improved Reliability and Endurance) R&D&i project. DESIREE is funded by the European Commission as part of the Clean Hydrogen Joint Undertaking programme. DESIREE project brings together 12 leading European entities from Spain, France, Germany, Belgium, Italy and Finland. These include academic institutions such as the Aragón Institute of Nanomaterials (INMA CSIC), the French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA), the Polytechnic University of Turin, the Fraunhofer Institute and the VTT Technical Research Centre of Finland, which work in collaboration with high level technology companies such as Genvia (a French SOEC electrolyser manufacturer), Bosal (one of Europe's leading heat exchanger manufacturers) and Eifhytec (a start up specialising in thermochemical compression). Additional support in communication activities is provided by Zabala Innovation.

DESIREE project (<https://desiree-hydrogen.eu>) aims primarily to improve the efficiency, reliability and durability of SOEC electrolyzers through an integrated approach that combines innovations in



Preparación de equipos de testeo electroquímico para celdas SOEC en el laboratorio de CENER/ Preparation of electrochemical testing equipment for SOEC cells at the CENER laboratory




un enfoque que integra una combinación de innovaciones en materiales para celdas, diseños de stacks, nuevos componentes y arquitecturas de sistema. CENER coordina este proyecto, además de participar de manera activa en numerosas líneas de trabajo. De esta forma, el equipo del consorcio trabajará en el desarrollo y fabricación a escala de nuevos electrodos para celdas SOEC con alta actividad electroquímica, conseguidos por infiltración de nanopartículas específicas. De modo paralelo, el grupo de materiales desarrollará nuevas técnicas de reciclado de celdas “end of life” y la reincorporación de materias primas críticas, recuperadas en forma de nuevas celdas SOEC.

Por otro lado, CENER colabora con el Centro para la Construcción Ligera de Alta Temperatura (HTL) de Fraunhofer en el desarrollo y validación de nuevos conceptos de sellantes para stacks SOEC. Estos stacks constituyen la unidad operativa de los electrolizadores de alta temperatura, y se conforman mediante apilamiento de las celdas. Para conseguir su funcionamiento, las celdas apiladas deben separarse con componentes metálicos (interconectores) y asegurar la hermeticidad de los diferentes gases mediante materiales sellantes, siendo éstos un componente crítico de los stacks. En DESIREE se desarrollarán nuevos sellantes con características termo-mecánicas graduales, que mejorarán la integridad de estos elementos en operación.

A nivel de componentes, la labor de CENER se centra en el diseño avanzado del denominado “balance de planta” (BoP) del sistema. El BoP lo conforman elementos auxiliares de los electrolizadores que aseguran su funcionamiento, siendo destacable la denominada “caja caliente” (hot box) como uno de los más importantes en el desarrollo del proyecto, en cuyo diseño también está involucrado CENER, junto con otros socios, así como en el diseño de los otros principales componentes responsables de la gestión térmica del sistema, como los intercambiadores de calor

Se busca, con este diseño integrador, mejorar la gestión térmica y con ello su eficiencia, consiguiendo además un funcionamiento versátil y flexible con cada uno de los stacks del prototipo.

Adicionalmente, investigadores del Laboratorio de Electrónica de Potencia de CENER trabajan en el diseño y modelizado de nuevos conceptos de convertidores para electrolizadores SOEC, otro de los elementos que contribuyen a mejorar la robustez de estos equipos y su eficiencia.

Todos estos avances culminarán con el desarrollo de un prototipo SOEC de 40 kW con alta eficiencia (> 80 %), que contará con la compresión termoquímica del hidrógeno. La validación de este prototipo en condiciones controladas supondrá, a la conclusión del proyecto, un importante avance para la implantación de la tecnología SOEC, mejorando el ratio de viabilidad técnica y económica, lo cual fomentará su adopción en industrias intensivas. 

cell materials, stack designs, new components and system architectures. In addition to project coordination, CENER also plays an active role across numerous lines of work. The team will work on the development and upscaling of new high-electrochemical-activity electrodes for SOEC cells, achieved through infiltration of specific nanoparticles. In parallel, the materials group will develop new recycling techniques for end of life cells and the reintegration of recovered critical raw materials into new SOEC cells.

CENER is also collaborating with the Fraunhofer Centre for High Temperature Materials and Design (HTL) on the development and validation of new sealing concepts for SOEC stacks. These elements, created by stacking the individual cells, are the operational unit of high temperature electrolyzers. For enabling stack operation, the cells must be separated by metallic components (interconnectors) and the different gases must be kept hermetically sealed using specific materials, which are critical components of the stack. Within DESIREE, new sealants with graded thermo mechanical properties will be developed to improve the integrity of stacks during operation.

At component level, CENER’s work focuses on the advanced design of the system’s balance of plant (BoP). The BoP comprises the auxiliary elements of the electrolyser that ensure its operation, with the “hot box” standing out as one of the most important of these elements. CENER is collaborating with other project partners in the design of the “hot box” as well as the design of other elements in charge of thermal management, like heat exchangers. This integrated-design approach aims to improve thermal management, thus increasing efficiency, while also enabling versatile and flexible operation across all prototype stacks.

In addition, researchers from CENER’s Power Electronics Laboratory are working on the design and modelling of new converter concepts for SOEC electrolyzers, another key element that contributes to improving the robustness and efficiency of these systems.

All these advances will lead to the development of a high-efficiency (> 80 %) 40 kW SOEC prototype, incorporating thermochemical hydrogen compression. By the end of the project, validation of this prototype under controlled conditions will represent a major step forward for the deployment of SOEC technology, with the improved technical and economic feasibility helping to incentivise implementation in energy intensive industries. 