

CÉLULAS DE COMBUSTIBLE: ENERGÍA LIMPIA

Juan Eugenio Para Conesa
Dr. Ingeniero Industrial
Juan Ignacio Parreño
Hernández
Ingeniero Industrial
IZAR Propulsión y Energía
Motores

Motores IZAR Propulsión y Energía cuenta con más de 60 años de experiencia en la fabricación de motores diésel de cuatro tiempos para aplicaciones de propulsión marina y terrestre, y de generación y/o cogeneración de energía eléctrica a bordo o en aplicaciones estacionarias.

Teniendo en cuenta las consideraciones medioambientales que estamos viviendo en este inicio del siglo XXI y las previsiones mundiales de demanda de energía eléctrica durante los próximos 30 años, es necesario pensar cada vez más, en la utilización de combustibles alternativos a los derivados del petróleo.

Este marco motiva a IZAR al desarrollo de nuevas tecnologías apostando por una generación limpia respetuosa con el medio ambiente.

Conseguir una calidad de vida elevada y sostenible constituye la justificación básica para desear un suministro de energía limpio, seguro, fiable y estable en Europa.

INTRODUCCIÓN

Una célula de combustible es un dispositivo que genera electricidad mediante un proceso electroquímico, por el cual la energía almacenada en un combustible se convierte directamente en energía eléctrica en forma de corriente continua.

En este proceso también se produce calor, pudiendo obtener su aprovechamiento energético. En función del tipo de célula empleada, los fluidos de escape se emiten en una banda de temperatura comprendida entre los 60 y los 800 °C.



El principio de funcionamiento de una célula de combustible es el inverso al proceso desarrollado en la electrólisis del agua. En la electrólisis, se dispone de un tanque con una disolución salina en el cual se encuentran inmersos dos electrodos. Haciendo pasar a través de estos electrodos una corriente se produce la disociación de la molécula de agua en sus iones, H^+ y O^{2-} . En una célula de combustible se dispone de dos electrodos y de una membrana de distintos materiales que hace las funciones de la disolución acuosa salina. Al pasar el hidrógeno y el oxígeno a través de los electrodos se genera una corriente continua.

El rendimiento de una célula de combustible es más elevado que el de un sistema de generación de energía eléctrica tradicional, debido a que se reduce el número de transformaciones de la energía. En un sistema

tradicional, mediante proceso de combustión la energía química se transforma en energía térmica, que posteriormente se transforma en energía mecánica y a través de un generador en energía eléctrica. En una célula de combustible la energía eléctrica se obtiene directamente de la energía química contenida en el combustible. Se trata de un proceso electroquímico. No hay proceso de combustión.

Los tipos de células son muy variados y se pueden clasificar según estos dos criterios básicos: temperatura de funcionamiento y tipo de electrolito. Según la temperatura de funcionamiento, se agrupan en células de baja temperatura y células de alta temperatura. Las primeras funcionan hasta unos 200 °C, mientras que las de alta temperatura pueden llegar hasta los 1.100 °C.



Flujos en una célula de combustible

En cuanto al tipo de electro-lito utilizado, las células de combustible se clasifican así:

- * PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*)
- * DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*)
- * PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*)
- * AFC (*Alkaline Fuel Cell*)
- * MCFC (*Molten Carbonate Fuel Cell*)
- * SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*).

Según la temperatura de funcionamiento, las aplicaciones pueden ser distintas. En el caso de las células de baja temperatura las aplicaciones más relevantes corresponden a sistemas de propulsión para vehículos, embarcaciones, equipamiento electrónico y lanzaderas espaciales.

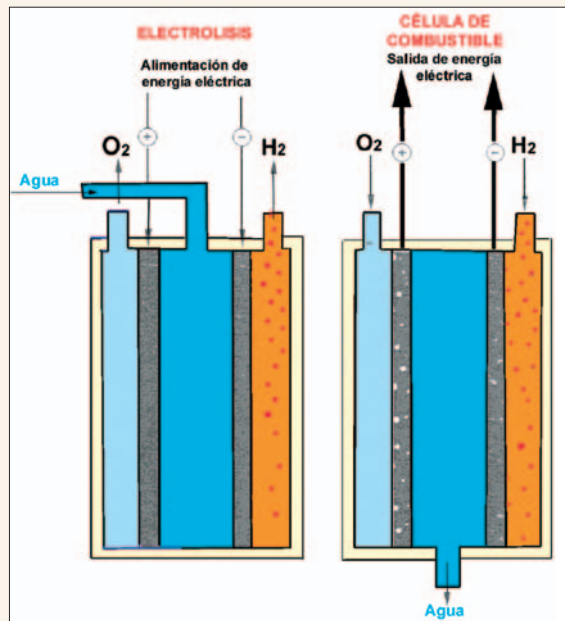
En el caso de las células de alta temperatura destacan las aplicaciones de generación y poligeneración estacionarias.

ANTECEDENTES

Las células de combustible datan del siglo XIX y su aparición es anterior a la de los motores de combustión interna.

En 1839, el británico **William Grove**, jurista de profesión y físico de vocación, publicó un experimento que demostraba la posibilidad de generar corriente eléctrica a partir de la reacción electroquímica entre hidrógeno y oxígeno. Su originalidad consistió en unir en serie cuatro celdas electroquímicas, cada una de las cuales estaba compuesta por un electrodo con hidrógeno y otro con oxígeno, separados por un electrolito. **Grove** comprobó que la reacción de oxidación del hidrógeno en el electrodo negativo, combinada con la reducción del oxígeno en el positivo, generaba una corriente eléctrica que se podía usar, a su vez, para generar hidrógeno y oxígeno.

Su desarrollo cayó en el olvido y no se rescató, de modo serio, hasta 1960. Esta tecnología se utilizó en los programas espaciales



Principio de funcionamiento

Geminis y *Apollo* de la **NASA** para producción de energía eléctrica y

agua a bordo en ausencia de sol. Este retraso se debió, principalmente, a la relativamente fácil disponibilidad de los combustibles fósiles y a la escasa conciencia medioambiental que no propiciaba el fomento de tecnologías limpias.

El impulso actual al desarrollo de las células de combustible podemos encontrarlo en estos factores:

• Crecimiento de la demanda de energía eléctrica

En los próximos 30 años se prevé que se duplique el consumo energético mundial. La Sociedad actual depende ineludiblemente de la disponibilidad ininterrumpida de combustibles fósiles asequibles, que se irán concentrando progresivamente en un

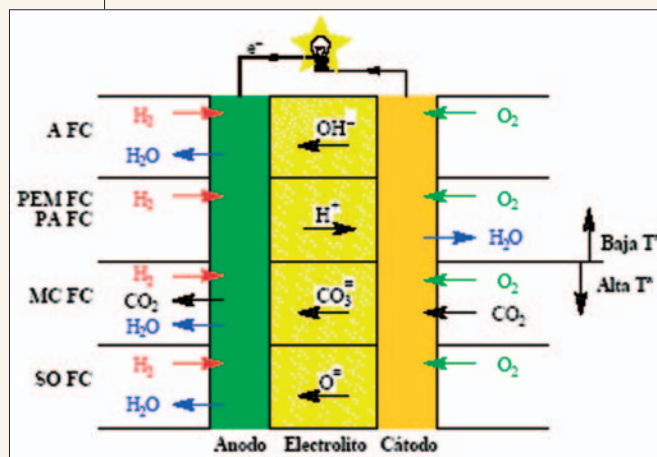
Proceso térmico convencional (35-45%):



Célula Combustible (45-60%):

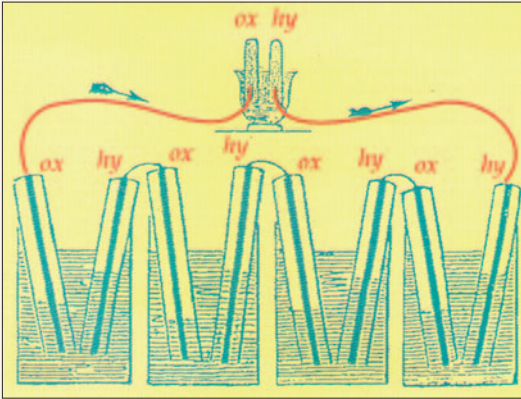


Comparación de rendimientos



corto número de países, con el consiguiente riesgo de inestabilidad geopolítica y económica. El hidrógeno permite acceder a una amplia gama de fuentes de energía primarias, incluyendo los combustibles fósiles y, cada vez en mayor medida, las fuentes de energía reno-

Clasificación de las células de combustible



vables. El uso del hidrógeno permitirá una cierta flexibilidad a la hora de conseguir un equilibrio entre la energía centralizada y la descentralizada, sobre la base de redes inteligentes gestionadas y la distribución de energía en ubicaciones apartadas.

• Contaminación creciente

Las emisiones de compuestos contaminantes con efectos perjudiciales para el medioambiente, como el efecto invernadero o la reducción de la capa de ozono hacen necesario llevar a cabo actuaciones que reduzcan las emisiones de estos compuestos. El nivel emisiones de CO₂ está alcanzando cotas extremadamente peligrosas debidas principalmente al desarrollo industrial de países como China, India y los países del sureste asiático.

• Necesidad de utilización de combustibles alternativos

Las reservas de petróleo están disminuyendo paulatinamente y se estima que en aproximadamente 50 años hayan desaparecido. Por ello la búsqueda de combustibles alternativos de producción de energía es uno de los retos planteados a la Sociedad del bienestar. Dentro de los combustibles alternativos, el hidrógeno, bien como combustible, bien como vector ener-

gético, se perfila como la base del presente y futuro sistema energético.

• Incremento de la conciencia medioambiental

Debido a al incremento de los problemas medioambientales, se ha desarrollado un incremento en la conciencia medioambiental en todos los organismos, empresas, instituciones y sociedad civil en general. Por ello se están elaborando políticas, en torno a tratados internacionales, como el *Protocolo de Kioto*, en virtud de las cuales se pretende reducir las emisiones de CO₂ por parte de los países industrializados.

CELULA DE COMBUSTIBLE IZAR-MTU HM-300

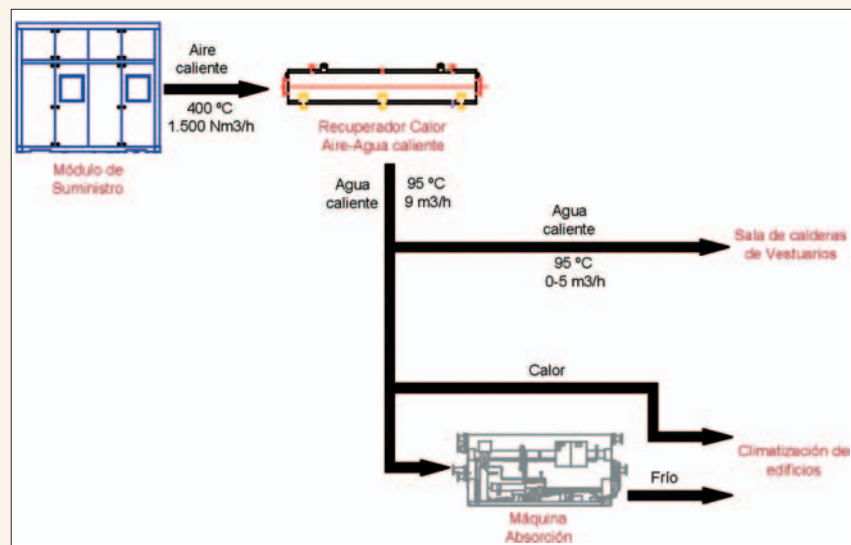
Izar, en una clara apuesta por el desarrollo sostenible y por los sistemas limpios de generación de energía eléctrica, construyó y puso en valor durante 2002 el **Izar Fuel Cell Focus Centre**, al amparo del V Programa Marco de la Unión Europea y en alianza tecnológica con el fabricante alemán **MTU CFC**.

En él está instalada una célula de combustible IZAR-MTU HM-300, tecnología carbonatos fundidos, con capacidad de generación eléctrica de 250 kW y aprovechamiento térmico del fluido de escape de 170 kW.

En este Centro se desarrollan labores de operación, parametrización, investigación e innovación.



Fuente: "The Economist" (Marzo 2001).



Sala de control

Aprovechamiento térmico de los fluidos de escape

Se superaron las 10.000 horas de operación con resultados excelentes.

Además, y a efectos de demostrar la capacidad industrial de este equipamiento, la célula de combustible es la base de un sistema de trigeneración.

Se obtiene agua caliente sanitaria y frío y calor para climatización de edificios a partir de los fluidos de escape que se emiten en el entorno de los 400 °C.

Los buenos resultados obtenidos han animado a **IZAR** a industrializar y comercializar este tipo de unidades en España.

En una primera fase se contemplan instalaciones de generación eléctrica/ poligeneración dedicadas a proyectos de demostración tecnológica.

Entre las aplicaciones que ya resultan adecuadas conforme a los excelentes resultados obtenidos cabe destacar las siguientes:

- Aplicaciones donde se requiere cogeneración

- Hospitales
- Industria textil
- Cerámicas
- Madera
- Industria Agroalimentaria
- Industria Petroquímica

- Aplicaciones donde se generen gases de proceso ricos en hidrógeno
- Gasificación de carbón

- Aplicaciones donde se requiere consumo de corriente continua o elevada calidad y fiabilidad de suministro de la corriente eléctrica

- Empresas de telefonía / telecomunicaciones
- Centros de proceso de datos
- Instalaciones militares

- Aplicaciones en localizaciones aisladas
- Residencial

- Aplicaciones con biogás
- Residuos urbanos
- Aguas residuales
- Origen animal y/o vegetal

Fuentes de energía convencionales	Fuentes de energía	Fuentes de energía renovables
• Gas Natural • Gas de carbón • Gas residual		• Biogás • Gas de aguas residuales • Gas de vertedero
• Metanol		• Bioetanol

- Aplicaciones con bioalcoholes
- Metanol
- Etanol

El equipo está compuesto principalmente por tres unidades:

- Módulo de suministro o *Media Supply*.
- Módulo de potencia o *Hot Module*.
- Módulo de acondicionamiento eléctrico

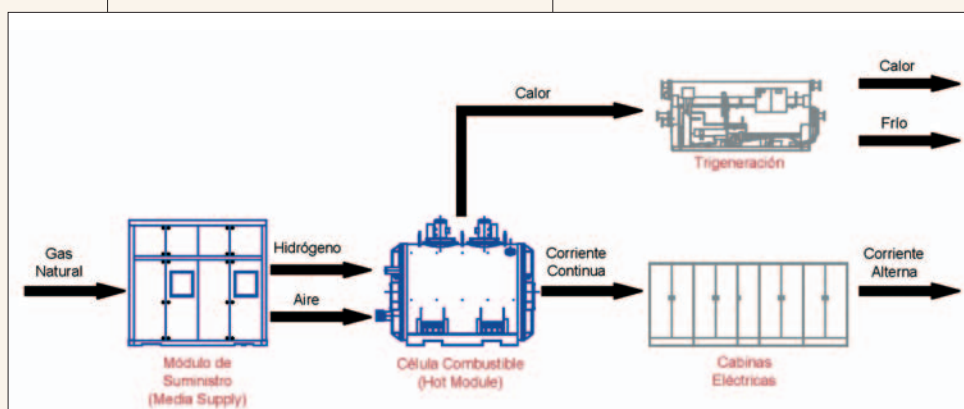
En el módulo de suministro se trata el combustible para, mediante proceso de reformado con agua, obtener el hidrógeno necesario para el proceso.

En el módulo de potencia están contenidos las agrupaciones de ánodo-

Las emisiones de CO₂, originadas en el proceso de reformado del gas natural, se reducen entre un 30 y 40% respecto a los motores de combustión interna y es de reseñar la posibilidad de utilización de otros combustibles como se indica posteriormente.

Debido a que no hay partes o mecanismos en movimiento, los niveles de ruido son mínimos, estando por debajo de los 75 db y no siendo necesario, por tanto, protección auditiva.

También es de destacar la posibilidad de utilización de combustibles "limpios" como son los bioalcoholes, biometanol y bioetanol, los biogases procedentes del tratamiento de resi-



Disposición en planta del sistema de trigeneración IZAR47

dos-cátodos y tiene lugar el proceso electroquímico por el cual la energía química contenida en el combustible se transforma en energía eléctrica.

Finalmente en el módulo de acondicionamiento se transforma la energía eléctrica obtenida en corriente continua en el proceso anterior, a las condiciones de utilización deseadas.

Esta célula de combustible es respetuosa con el medio ambiente. No se detectan trazas de NO_x y SO_x y no hay presencia de partículas en los fluidos de escape.

duos urbanos y de aguas residuales y los gases procedentes de biomasa de origen animal y vegetal.

Para finalizar este artículo, es oportuno indicar que los rendimientos eléctricos obtenidos son muy elevados, incluso a cargas parciales. El rendimiento en corriente continua alcanza valores del 53%, y en alterna, del 48%. Si añadimos el aprovechamiento energético contenido en el fluido de escape, se supera el 80% como rendimiento global con una fiabilidad por encima del 95%. ■