

# ¿El sistema que revolucionará las tecnologías de almacenamiento?

*El Instituto de Energía Solar de la UPM está trabajando en un concepto nuevo de almacenamiento de energía con un enorme potencial. Emplea aleados metálicos de alto punto de fusión para almacenar la energía en forma de calor y convertirla luego en electricidad mediante células termo-fotovoltaicas. Estos convertidores permiten almacenar una enorme cantidad de energía en pequeños volúmenes, no requieren mantenimiento y operan de forma silenciosa, de manera que resultan idóneos para su uso de forma descentralizada y cerca de núcleos urbanos.*

Pepa Mosquera

Uno de los mayores retos energéticos de finales del siglo XX ha sido el desarrollo de fuentes de electricidad renovables, como la fotovoltaica o la eólica. A día de hoy, estas tecnologías han alcanzado su madurez y empiezan a competir, sin subsidios, con otras tecnologías más maduras basadas en combustibles fósiles.

Sólo en 2013 se instalaron casi 40 GW de potencia fotovoltaica en el mundo, situando la capacidad global de fotovoltaica en 140 GW, el equivalente a 35 centrales nucleares. Lo mismo ocurre con la energía eólica, que ya cuenta con más de 320 GW de potencia instalada en el mundo, tanta como cien centrales nucleares.

Sin embargo, este cambio en la forma de generar electricidad está planteando un nuevo reto energético para el siglo XXI: la acumulación y gestión de dicha energía. Tanto la energía solar como el viento son

fuentes intermitentes y, por lo tanto, es necesario acumular y gestionar dicha energía para suministrarla cuándo y dónde se necesita. Hasta el momento, la solución más rentable consiste en acumular la energía en centrales hidroeléctricas reversibles. De hecho, esta solución representa el 95% de la capacidad global de acumulación, pero que apenas llega al 3% de la potencia de genera-

ción instalada. En un contexto en el que la fotovoltaica y la eólica serán protagonistas en el mix global de generación, hará falta una capacidad mucho mayor. Para 2035, unos 32.000 TWh de acumulación según diferentes estudios. Y esto no se va a lograr con centrales hidráulicas de bombeo.

Aunque estas plantas aún tienen un gran potencial de expansión, solo pueden ubicarse en pocos emplazamientos geográficos, de manera que no es una solución válida para el almacenamiento local y distribuido de electricidad a gran escala. Por ello, en los últimos años se ha empezado a investigar en todo tipo de soluciones modulares que resuelvan este problema, desde baterías electroquímicas hasta hidrógeno y pilas de combustible, con el objetivo de



*Esta nueva tecnología es capaz de almacenar una elevada cantidad de energía en un pequeño espacio, en torno a 10 veces más que las baterías de plomo, o 20 veces más que las sales fundidas, de acuerdo con los investigadores del IES.*

lograr una tecnología económicamente viable y con bajo impacto medio ambiental. Y ahí es donde entra en juego el Instituto de Energía Solar de la UPM.

### ■ Segura, barata y potente

Su propuesta no tiene nada que ver con lo visto hasta ahora, es una tecnología de almacenamiento de energía totalmente innovadora y –detalle fundamental– potencialmente más barata que las existentes. Además, emplea materiales baratos, seguros, abundantes y con bajo impacto medioambiental, y permite almacenar la energía en espacios más pequeños.

“Su principal diferencia respecto a la mayoría de tecnologías existentes es su potencial para almacenar una cantidad enorme de energía por unidad de volumen (1 MWh/m<sup>3</sup>) y de peso (500 Wh/kg)”, explica Alejandro Datas, que lidera el proyecto. “Estos valores son unas 10 veces mayores que en las baterías de plomo, 5 veces la de las baterías de litio-ión y del orden de 20 veces la de las sales fundidas empleadas en los sistemas termosolares. Por ejemplo, un sistema de menos de 1 m<sup>3</sup> podría suministrar electricidad y calefacción a más de 30 viviendas españolas durante 24 horas”, añade el investigador, que trabaja en el grupo de silicio y nuevos conceptos para células solares del IES.

El sistema de almacenamiento que están desarrollando consta de dos pasos: pri-



mero, la energía se almacena en forma de calor, fundiendo un material de alto punto de fusión; segundo, ese calor se convierte en electricidad mediante células termo-fotovoltaicas de alta eficiencia (TPV, por sus siglas en inglés). Estas células producen electricidad a partir de la radiación térmica

*Para realizar este proyecto de investigación Alejandro Datas cuenta con el apoyo de Antonio Luque, Antonio Martí y Carlos del Cañizo, investigadores de reconocido prestigio internacional en la tecnología fotovoltaica.*

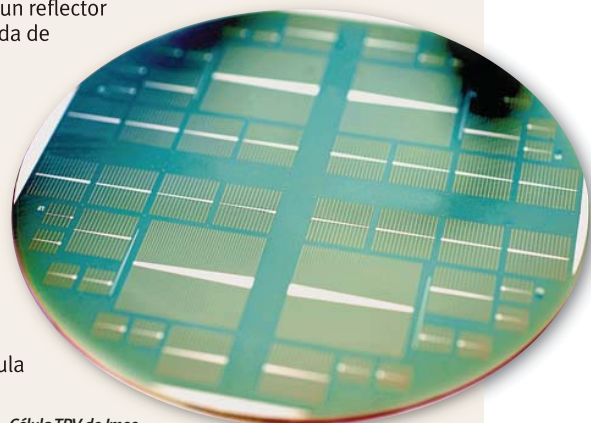
## Las células TPV serán tan eficientes como las multiunión

Las células termo-fotovoltaicas (TPV) se diferencian de las células solares en que su espectro de absorción está desplazado al infrarrojo, para convertir eficientemente la radiación térmica en vez de la radiación solar. Para ello, se emplean materiales como el germanio, el GaSb o el InGaAs que absorben radiación a partir de los 1700 nm, aproximadamente. Su funcionamiento es idéntico a una célula solar: la incidencia de fotones (en este caso de baja energía o de infrarrojo) produce electrones en el material semiconductor que se suministran al exterior creando una corriente eléctrica.

Por el momento las eficiencias de conversión TPV están en torno al 20–25%, suficientemente alta como para lograr densidades de almacenamiento energía eléctrica superiores a la de las baterías de Li-ión. Pero Alejandro Datas señala que el margen de mejora de los dispositivos actuales es enorme. “En los últimos años se ha avanzado mucho en el desarrollo de dispositivos fotónicos y fotovoltaicos con potencial para aumentar la eficiencia de conversión por encima del 30% en el corto plazo, y del 40% en el medio-largo plazo. La alta eficiencia de estos dispositivos se debe a que los fotones no absorbidos por la célula porque no tienen energía suficiente para generar un electrón pueden ser devueltos (por ejemplo mediante un reflector en la parte trasera de la célula) a la fuente térmica y por lo tanto no representan una pérdida de energía.

Otra característica de las células TPV es la elevada densidad de potencia eléctrica. Por ejemplo, una célula TPV irradiada por una superficie a 1400°C puede llegar a generar del orden de 5 a 10 W/cm<sup>2</sup>, que es unas 250–500 veces más potencia que la generada por una célula solar convencional iluminada por luz solar (no concentrada). Por lo tanto, estos dispositivos trabajan en condiciones similares a las de las células empleadas en concentración fotovoltaica (CPV) y por el mismo motivo, se pueden emplear materiales semiconductores III–V, caros pero más eficientes, para su fabricación.

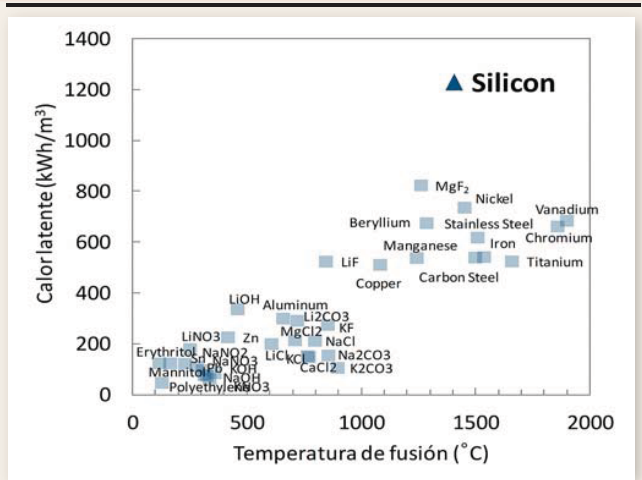
Esto se traduce en que todo el conocimiento adquirido y la industria desarrollada durante la última década en el desarrollo de la tecnología CPV tienen una aplicación directa en estos dispositivos. Principalmente en cuanto a células multi-unión, que ya han alcanzado eficiencias por encima del 45%, pero también en aspectos de ensamblaje y disipación térmica. En particular, las células que se emplean como *bottom-cell* en una célula multi-unión para absorber la parte infrarroja del espectro solar podrían emplearse directamente como células TPV en estos sistemas.



Célula TPV de Imec

## SOLAR FV Y TÉRMICA

### Calor latente de fusión de diferentes materiales



que emiten las paredes de un recipiente que contiene el material fundido. Y, a diferencia de las máquinas térmicas convencionales, que emplean fluidos como medio de transferencia del calor de la fuente térmica al generador, los convertidores TPV no requieren de contacto físico con la fuente térmica, lo cual permite trabajar a temperaturas extremadamente elevadas y, así, alcanzar eficiencias de conversión mucho mayores.

Pero la mayor ventaja de trabajar a temperaturas tan elevadas es la posibilidad de emplear silicio como medio de almacenamiento, asegura Datas: “El silicio fun-

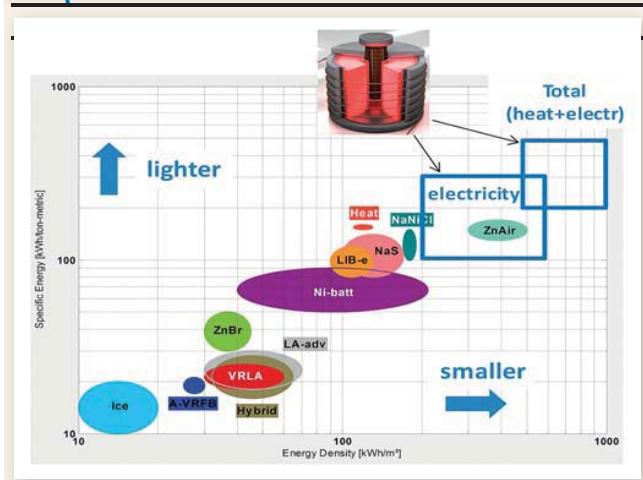
de a 1.410°C y tiene un calor latente anómalamente alto (1800 J/g), mucho mayor que el de las sales empleadas en los sistemas termosolares (en el entorno a los 200 J/g), lo cual permite almacenar una cantidad de energía enorme por unidad de volumen y peso. Además es un material abundante, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno y barato. Sale a menos de 1,5 €/kg”.

Lo que hacen los investigadores del IES es introducir el generador TPV en el interior de una vasija que contiene el silicio fundido. De esta forma el generador recibe

radiación térmica de las paredes del contenedor, que están incandescentes, produciendo electricidad, con una eficiencia de entre el 20–40%. Pero el calor no convertido en electricidad también se utiliza. Se puede emplear, por ejemplo, para el suministro de agua caliente en las viviendas. De esta forma, la eficiencia global del sistema sería muy alta, por encima del 90%.

Además, de acuerdo con Alejandro Datas, esta solución sirve tanto para almacenar electricidad a modo de batería como energía solar en una planta termosolar, o incluso el calor excedente de industrias de alta temperatura.

### Comparativa con otros sistemas de almacenamiento



### Un cara a cara con la tecnología termosolar

La tecnología que está desarrollando el IES comparte ciertas características con los sistemas de almacenamiento empleados en las centrales termosolares (CSP), ya que, al igual que en éstas, la energía se almacena en forma de calor en materiales fundidos. Pero hay diferencias. La principal radica en el rango de temperaturas en el que trabajan uno y otro sistema. “Mientras que los sistemas CSP trabajan a temperaturas inferiores a los 500°C, nuestro sistema puede trabajar por encima de los 1500°C”, señala Datas. “Gracias a esto conseguimos dos cosas: aumentar el límite termodinámico de eficiencia en más de 20 puntos, del 62% al 83%; y reducir el volumen necesario para el almacenamiento unas 20 veces, al emplear materiales como el silicio como medio de almacenamiento, con un calor latente un orden de magnitud mayor”.

En los sistemas termosolares, el cuello de botella para aumentar la temperatura de operación reside en el empleo de fluidos para transferir el calor de la fuente térmica a la turbina. Estos fluidos se degradan a temperaturas cercanas a los 500°C y por lo tanto, imponen una temperatura máxima de operación. Hasta el momento, la mayor parte de soluciones a este problema se han centrado en explorar distintos fluidos que permitan trabajar a temperaturas mayores. Por ejemplo, se está investigando el uso de gases como el aire o el CO<sub>2</sub> supercrítico. El problema de estas soluciones es que se requiere de la presurización de los gases para conseguir tasas de extracción de calor razonablemente altas, y esto conduce a sistemas mucho más complejos y caros.

“En nuestra propuesta, al usar células fotovoltaicas en lugar de turbinas, eliminamos el fluido de transferencia de calor, y por lo tanto es posible aumentar drásticamente la temperatura de operación”, indica Datas. “El empleo de dispositivos fotovoltaicos tiene otras ventajas, como la ausencia de partes móviles, lo que permite un funcionamiento silencioso y sin costes de mantenimiento, y ratios de potencia-peso y potencia-volumen muy elevadas. Estas características son clave para que puedan desarrollarse sistemas compactos y silenciosos que puedan instalarse de forma descentralizada y cerca de núcleos urbanos”, añade el investigador.

Otra ventaja es la elevada conductividad térmica del silicio en comparación con la de las sales que se emplean en los sistemas termosolares, lo cual permite tasas de extracción del calor mucho mayores.





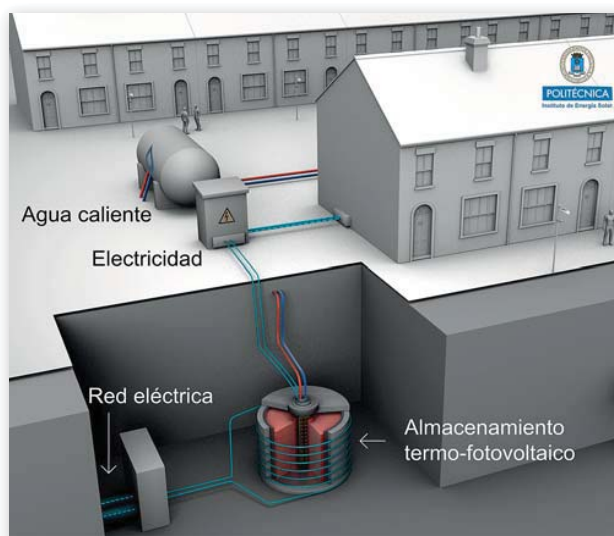
Datas con el equipo con que comparte la investigación.

### ■ Primer prototipo

Datas, que cuenta con el apoyo de Antonio Luque, Antonio Martí y Carlos del Cañizo, investigadores de reconocido prestigio internacional en la tecnología fotovoltaica, ha presentado ya esta tecnología en la oficina de patentes de Estados Unidos (lo hicieron el año pasado) y el próximo mes de junio esperan exponer los primeros resultados experimentales en el congreso de fotovoltaica que organiza el centro estadounidense IEEE en Nueva Orleans (IEEE Photovoltaic Specialists Conference) y en el congreso europeo de fotovoltaica que se celebrará en septiembre en Hamburgo (Alemania).

Los investigadores trabajan actualmente en el primer prototipo a escala de laboratorio con el cual validar la tecnología y con ello lograr financiación para trabajar en prototipos más grandes que puedan utilizarse en entornos reales. Datas cree que con la financiación adecuada estos prototipos podrían estar listos en menos de tres años y ser utilizados tanto en plantas termosolares como en otras tecnologías de generación, principalmente fotovoltaica y eólica.

También podrían emplearse para la generación de calor en las ciudades “En este esquema, los sistemas de almacenamiento no tendrían por qué ir asociados a ninguna planta en particular. El usuario podría



ser una comunidad de vecinos, un hospital, centros públicos como escuelas, universidades, etc”, señala Datas. “Estos usuarios podrían comprar electricidad de la red cuando es más barata, que suele coincidir con la existencia de mucha oferta de generación renovable, y almacenar dicha energía para usarla cuando la electricidad en el mercado es más cara. Además, como parte de esta energía se suministra en forma de calor, podrían ahorrar también en el consumo de calefacción”.

Otra posibilidad sería su uso en sistemas autónomos y aislados de la red, en los cuales existan pequeñas plantas de generación, por ejemplo fotovoltaica, cuyos ex-

cedentes se acumularían de forma local en este sistema. Incluso se podrían desarrollar sistemas mucho más pequeños, del tamaño de un microondas, para suministrar la electricidad y la calefacción de una vivienda.

“Los factores clave que hacen que esta tecnología pueda ser rentable son dos: el coste y la densidad de energía”, concluye Datas. “Estamos hablando de volúmenes 20 veces menores que en los sistemas de sales fundidas empleados en CSP y de costes de un orden de magnitud menor que en las baterías de litio. Estas diferencias representarían un salto cualitativo enorme”. Tanto, que el investigador estima que podrían alcanzarse precios de 100–200 \$/kWh, en comparación con los 500–600 \$/kWh de las baterías más baratas (de NaS) y los 1.500 \$/kWh de las de litio, las más caras.

El proyecto del IES fue seleccionado en noviembre pasado entre más de 100 candidaturas como finalista en la cuarta edición de Pasion-ie, un programa de emprendimiento liderado por Accenture y el IE Business School.

■ Más información:  
→ [www.ies.upm.es](http://www.ies.upm.es)