

## Estudio del comportamiento de filtros de carbono con nanoestructuras carbonosas en batería de flujo redox

I. Vela<sup>1</sup>, A.J. Molina Serrano<sup>1</sup>, J.M. Luque Centeno<sup>1</sup>, P. Napal<sup>1</sup>, C. Alegre<sup>1</sup>, D. Sebastián<sup>1</sup>, F. Carrasco<sup>2</sup>, M.J. Lázaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Carboquímica, C/Miguel Luesma Castán, 4, Zaragoza, 50018.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de Granada-UGR. Avenida de Fuente Nueva, sn, 18071, Granada.

ivela@icb.csic.es

Palabras clave: batería de flujo redox, filtros modificados.

### Introducción

El desarrollo de la tecnología de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, implica un sistema de almacenamiento acorde a sus prestaciones que evite problemas de estabilidad en la red eléctrica. Las baterías de flujo redox de vanadio (BFRV) son muy prometedoras en almacenamiento de energía debido a la rapidez de carga, gran capacidad y seguridad en la operación. Los electrodos de la BFRV, donde ocurren las reacciones químicas, juegan un papel crucial para aumentar el rendimiento del sistema y disminuir costes. Los materiales que se utilizan comercialmente como electrodos son filtros de carbono, que se pueden modificar con diferentes estructuras metálicas, carbonosas u orgánicas para optimizar su comportamiento [1]. Diversos estudios en literatura han demostrado una mayor actividad y eficiencia de filtros modificados con estructuras carbonosas. No obstante, los estudios en batería de flujo completa no son tantos. Por ello, en este trabajo se han investigado filtros de carbono modificados con nanofibras de carbono y con óxido de grafeno, como electrodos de una batería de flujo redox de vanadio de 25 cm<sup>2</sup>.

### Experimental

Los filtros de carbono ensayados fueron filtros comerciales de la marca Sigracell (GFD 4.6 IW1) previamente modificados en el grupo con nanofibras de carbono (CNF) obtenidas a distintos tiempos de crecimiento (1, 2, 3 y 4h), y con óxido de grafeno (GO) combinado con polietilenglicol (PEG). Los electrodos se probaron en una celda completa de batería diseñada por el Grupo de Pilas de Combustible del Instituto de Carboquímica con un área de electrodo de 25 cm<sup>2</sup>.

En la Figura 1 se muestra el montaje del sistema y sus componentes. La determinación de la variación del voltaje de celda frente a tiempo se llevó a cabo con una fuente de alimentación bipolar KEPCO (BOP 100-4D). El electrolito del sistema consta de una disolución de vanadio de concentración 0,4 M, en una proporción 50:50% de V<sup>3+</sup>/VO<sup>2+</sup>, contiene H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 50 mM.

La BFRV opera a temperatura ambiente, con un caudal de 50 mL/min en cada canal usando 100 mL de disolución de vanadio en catolito y anolito. La compresión del electrodo es del 50% y la membrana utilizada es Nafion® (N-117) para el intercambio de iones. Inicialmente se carga la batería a voltaje constante de 1,6 V, y seguidamente se hacen 50 ciclos de carga/descarga para cada valor de densidad de corriente (100, 150 y 200 mA/cm<sup>2</sup>).

Los filtros modificados se ensayaron en el electrodo positivo. En concreto se evaluó el comportamiento en celda de los filtros modificados con nanofibras denominados como CNF1, CNF2, CNF3 y CNF4 en función de si el tiempo de crecimiento era de una, dos, tres o cuatro horas, respectivamente. En el electrodo negativo se usó el filtro de carbono comercial GFD 4.6 IW1. Por otro lado, el filtro modificado con GO y PEG, denominado GO, se empleó en ambos electrodos de la batería. Para evaluar el rendimiento de los filtros, se estudió la correspondiente eficiencia en voltaje para cada densidad de corriente frente a la capacidad por unidad de volumen de electrolito.

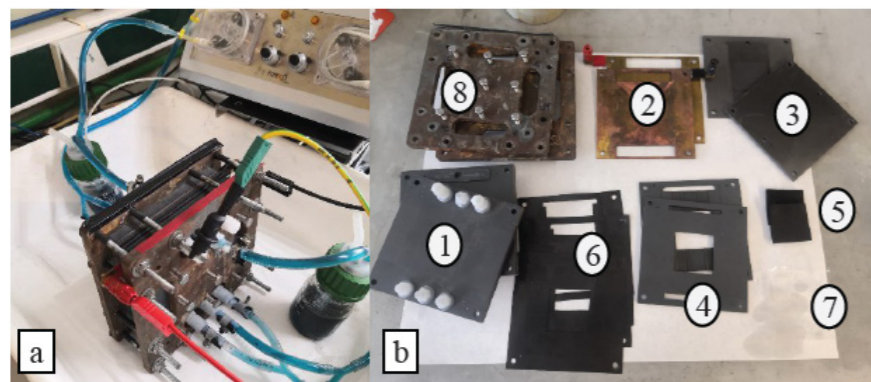


Figura 1. a) Prototipo VRFB escala laboratorio; b) Componentes: 1. monturas de PVC, 2. colectores de corriente, 3. placas de flujo de grafito y bipolares, 4. placas para electrodo, 5. electrodos, 6. juntas de viton 7. membranas Nafion® N-117, 8. placas terminales.

### Resultados y discusión

En la Figura 2, se representa la eficiencia voltaica para aquellos filtros que presentan similar o mejor comportamiento que el comercial GFD. En el caso de CNF3 y CNF4 los resultados de eficiencia han sido inferiores.

El filtro que mejor resultado ha ofrecido en las tres densidades de corriente ha sido el CNF2, con una mejora de hasta un 7% respecto al filtro comercial.

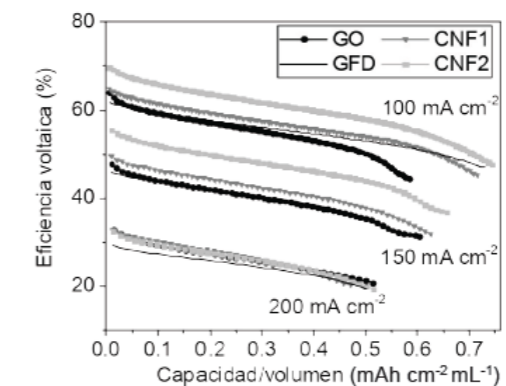


Figura 2.

### Conclusiones

Se ha llevado a cabo el montaje y puesta en marcha de una batería de flujo redox de vanadio de 5 W utilizando filtros modificados con nanofibras y óxido de grafeno. El mejor resultado en términos de eficiencia voltaica se consigue con el filtro modificado con nanofibras crecidas durante 2h para el electrodo positivo.

### Agradecimientos

Esta investigación se ha desarrollado dentro de la Plataforma Temática Interdisciplinar del CSIC (PTI+) Transición Energética Sostenible+ (PTITRANSENER+) como parte del programa del CSIC para el Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, financiado por el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea, establecido por el Reglamento (UE) 2020/2094. Los autores agradecen además la financiación del Gobierno de Aragón al grupo de investigación T06\_23R.

### Referencias

[1] K. Lourenssen, J. Williams, F. Ahmadpour, R. Clemmer, S. Tasnim, "Vanadium redox flow batteries: A comprehensive review", J. Energy Storage, 2019; 25:100844.