

Introducción a las baterías de flujo redox de vanadio (VBFR) y su monitorización

Iulian O. Popa, Álvaro Ibáñez Casao, Pablo Pastor-Flores, Félix Barreras

Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC), CSIC

María de Luna, 10, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976 50 65 20, e-mail: iulian.popa@csic.es



Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería de Aragón
Universidad Zaragoza

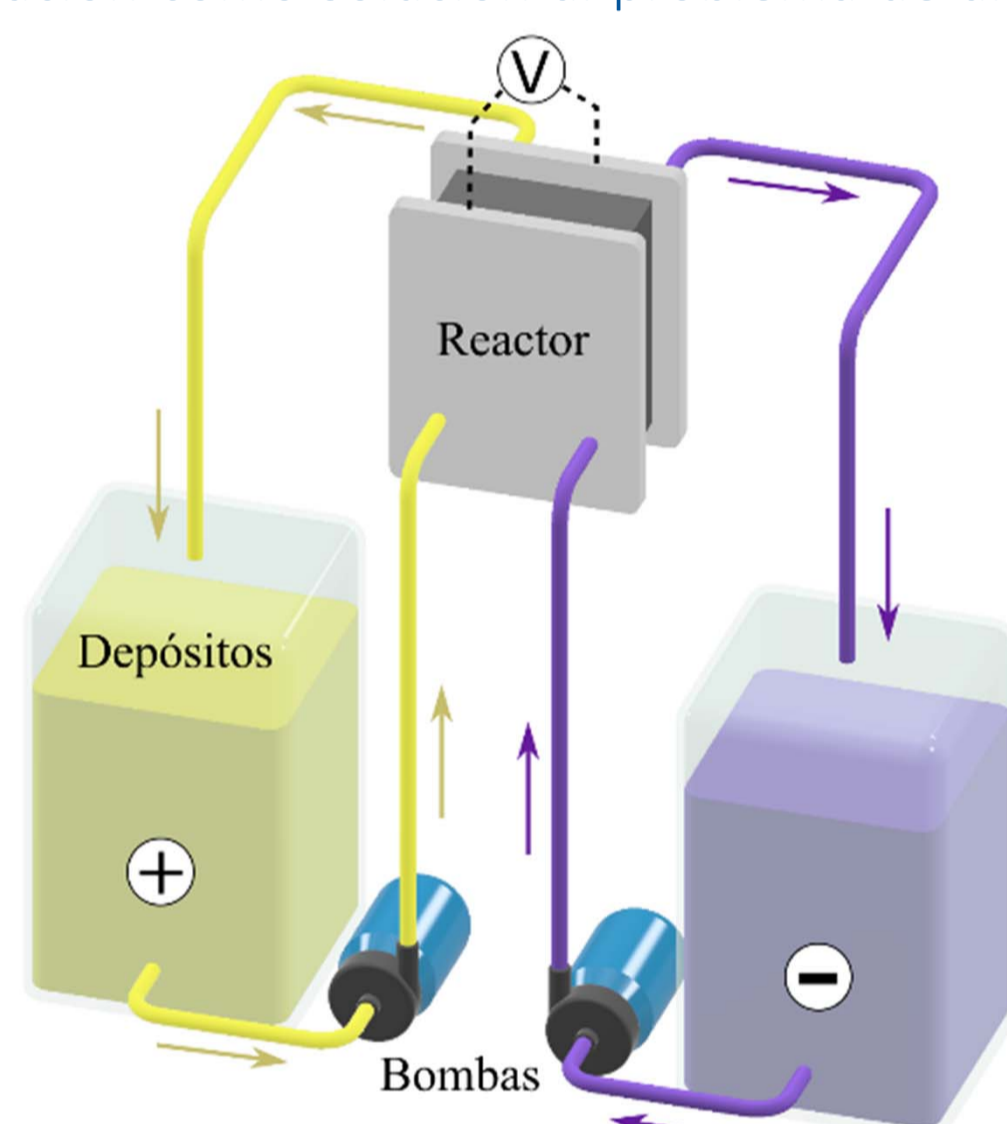
ABSTRACT-En el marco de cambio de modelo de producción energética, son necesarios sistemas de almacenamiento para mitigar la intermitencia de las fuentes renovables. Las baterías de flujo redox (BFR) son dispositivos electroquímicos que permiten acumular energía y distribuirla cuando sea necesario. Este trabajo presenta una visión general sobre esta tecnología.

Introducción

Historia y modo de funcionamiento

- Las baterías de flujo redox son un tipo de dispositivo de almacenamiento electroquímico:

- Comienzos del desarrollo: Años 80.
- Actualidad: Implementación como solución al problema de almacenamiento de energía a gran escala.



- Modo de funcionamiento:

- Bombeo cíclico y continuo de los electrolitos líquidos desde el depósito al reactor.

- Ventajas competitivas:

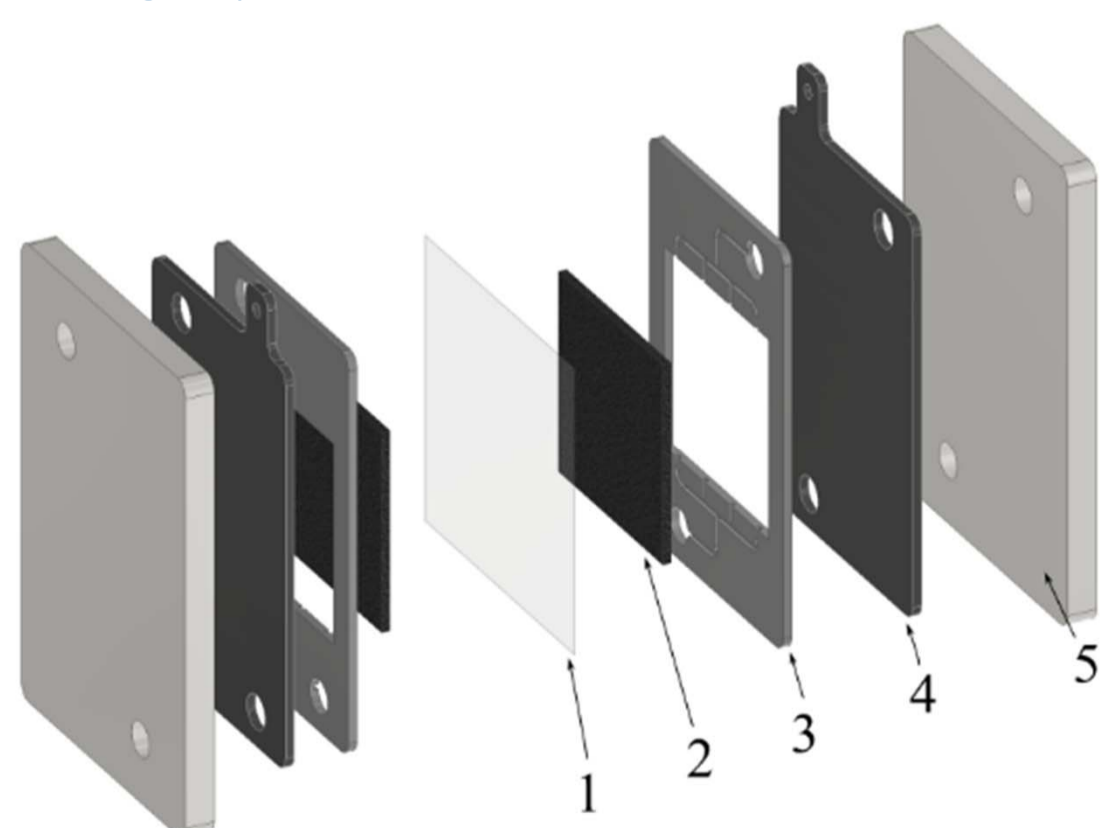
- La energía y la potencia están disgregadas. La energía se acumula en forma de especies activas disueltas en los electrolitos líquidos contenidos en dos depósitos independientes.

| Característica | Plomo-ácido | Li-ion | VRB |
|-----------------------------|-------------|----------|--------------|
| Densidad de energía (Wh/kg) | 25-50 | 75-200 | 10-20 |
| Densidad de potencia (W/kg) | 75-300 | 500-2000 | 80-150 |
| Ciclo de vida | <1000 | <5000 | >15000 |
| Coste (\$/kWh) | 100-300 | 300-2500 | 650-1000 |
| Eficiencia (%) | 75-85 | 85-97 | 65-80 |
| Auto descarga | Baja | Media | Despreciable |

Caracterización

Caracterización electroquímica

- La unidad mínima que compone un reactor se denomina "celda" y esta compuesta por una semicelda positiva y otra negativa.
- Esta tecnología permite agrupar un determinado número de celdas para formar un "stack".



- Membrana:** Permiten la migración de iones entre las semiceldas, para mantener equilibrada la carga eléctrica global.
- Electrodos:** Son el medio físico en el cual se desarrollan las reacciones electroquímicas.
- Marcos de flujo:** Se encargan de distribuir los electrolitos en el reactor de forma adecuada.
- Placas bipolares:** Se encargan de conectar eléctricamente dos celdas contiguas, y, en las terminales, ejercen la función de bornes.
- Placas de cierre:** Se encargan de ejercer fuerza mecánica para conseguir el apriete necesario en el stack.

- Las reacciones globales que tiene lugar en el reactor:



Caracterización eléctrica

- Potencia determinada por:

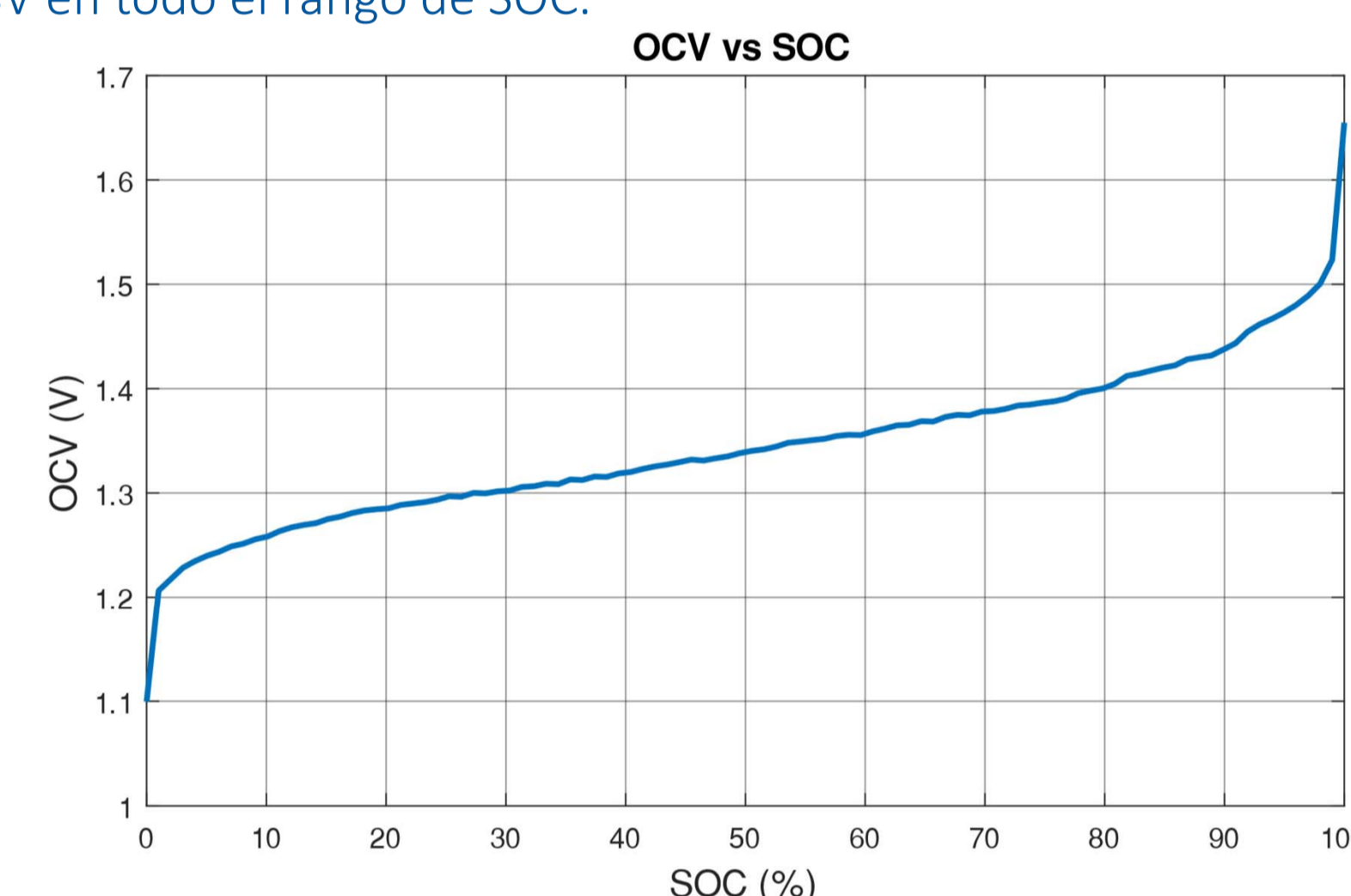
- Área activa del electrodo utilizado
- Densidad de corriente extraído del intercambio iónico en la membrana (Típicamente utilizado 80-100 mA/cm²)

- Capacidad determinada por:

- Volumen de electrolito almacenado en los tanques
- Concentración de Vanadio utilizado al realizar la disolución

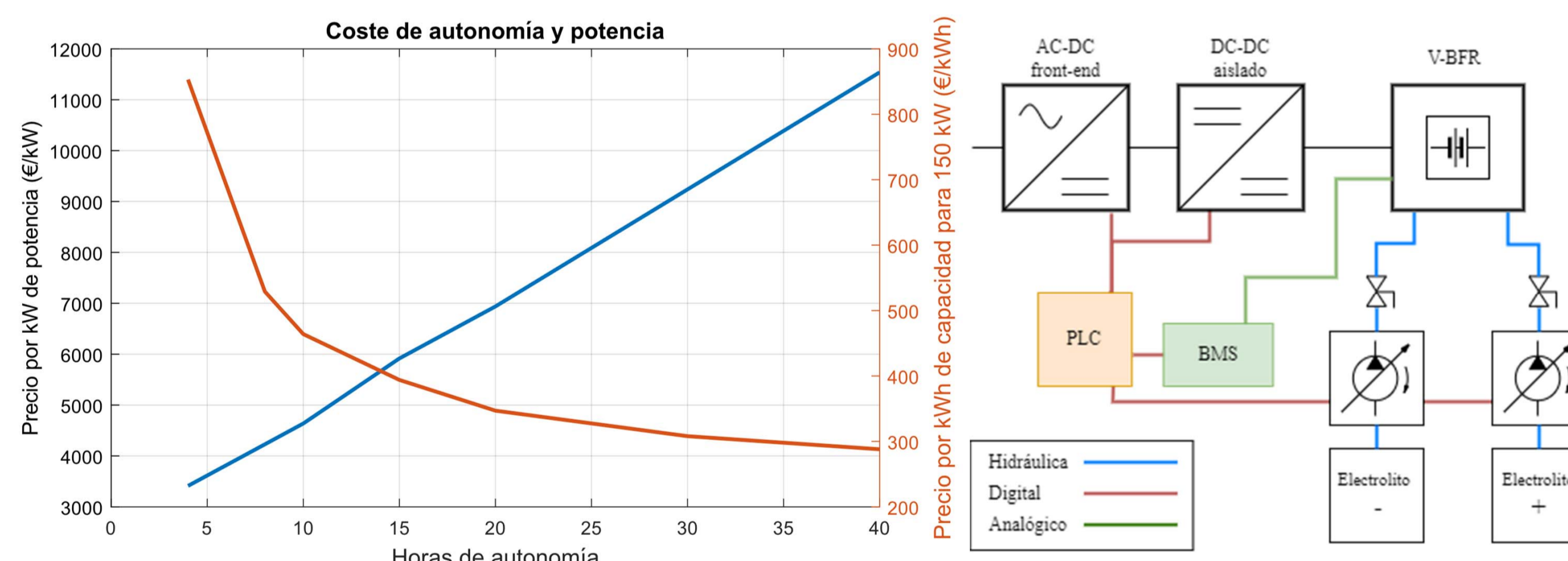
- Curva característica:

- Para baterías tipo monocelda se obtiene una curva característica de tensión de circuito abierto (OCV) que depende de la concentración del electrolito. Los rangos comerciales típicos están entre 0.8 -1.8V en todo el rango de SOC.



Arquitectura de EES en VBFR

- Este tipo de tecnología se utiliza en sistemas de almacenamiento de energía a gran escala (ESS) realizando sistemas de stacks de celdas conectadas en serie eléctrica y, generalmente, en paralelo hidráulicamente.
- Cada stack requiere de un sistema de gestión y control de la batería (BMS) para monitorizar parámetros relevantes como:
 - Tensión de celda y de stack:** desbalances debido a la química de la batería.
 - Temperatura:** Degradación del electrolito.
 - Sensor de presión y caudal:** Estado del circuito hidráulico y prever posibles obturaciones.



- La eficiencia energética de las VBFR es directamente dependiente de factores como:

- Consumo de las bombas hidráulicas:** Durante la carga y la descarga, para maximizar el rendimiento eléctrico, es imprescindible variar el caudal para poder alcanzar los distintos puntos del estado de carga (SOC) invirtiendo la menor potencia posible en las bombas.

CONCLUSIONES

- Se han presentado los fundamentos electroquímicos, eléctricos y de implantación en EES de las BFR remarcando las propiedades químicas principales, así como las partes físicas que constituyen una celda.
- Este tipo de tecnología resulta muy atractiva dada su larga vida útil, la posibilidad de configurar ESS escalables con potencia y capacidad desligadas, así como la amortización del electrolito, que es un producto con valor después de su uso.

1. SÁNCHEZ-DÍEZ, E., et al. Redox flow batteries: Status and perspective towards sustainable stationary energy storage. J. Power Sources, 2021, vol. 481, p. 228804. Available from: doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228804.

2. HE, W., et al. Technologies and economics of electric energy storages in power systems: Review and perspective. Advances in Applied Energy, 2021, vol. 4, p. 100060. Available from: doi.org/10.1016/j.aadpen.2021.100060