

Artículo de revisión bibliográfica

<https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.187>

Análisis de la eficiencia de las baterías convencionales en comparación con las baterías de flujo y su impacto en el medio ambiente en Ecuador

Analysis of the efficiency of conventional batteries in comparison with flow batteries and their impact on the environment in Ecuador



Paul Alfredo Lema Osorio 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

plema@istel.edu.ec

Milton Xavier Remache Sasig 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

Estalín Javier Saltos Taipe 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

Jimmy David García Quiroz 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

Resumen: El presente trabajo de investigación, está centrado en el impacto ambiental que puede ocasionar las baterías convencionales en comparación de las baterías de flujo. El objetivo se centra en realizar una comparación técnica de la eficiencia de las baterías convencionales y de flujo por medio de un análisis de las características para determinar los costos/beneficio y el impacto ambiental. En la parte metodológica se aplica una investigación *básica* no experimental, exploratoria- transversal, con un enfoque cualitativo y cuantitativo, y apoyada en un estudio documental, en la que se analiza variables como en la parte económica, costos de implementación, impacto ambiental, características técnicas y costos de implementación. Obteniendo como resultados que las baterías de flujo (vanadio- vanadio, zinc-bromo, vanadio- bromo), presentan mayor eficiencia ya sea por su rendimiento, sistema de instalación, impacto ambiental y costos de adquisición, contado con una vida útil aproximado de 20 años y profundidad de descarga al 100%, operación en condiciones altas, con una escalabilidad llegando a potencias en MW y baja toxicidad; a comparación de las baterías convencionales que a pesar de ser las más usadas, presentan limitaciones a gran escala debido a los límites de ciclo de 2000 ciclos/vida útil y tendiendo una alta toxicidad por los componentes químicos. Es importante implementar tecnologías de almacenamiento que sean resilientes con el medio ambiente y no solo pensando en el costo- beneficio.

Palabras Clave: Acumuladores de carga, baterías de flujo, ciclos de carga, impacto ambiental, rendimiento.

Abstract: This research work is focused on the environmental impact that conventional batteries can cause compared to flow batteries. The objective focuses on making a technical comparison of the efficiency of conventional and flow batteries through an analysis of the characteristics to determine the costs/benefits and environmental impact. In the methodological part, non-experimental, exploratory-cross-sectional basic research is applied, with a qualitative and quantitative approach, and supported by a documentary study, in which variables are analyzed such as the economic part, implementation costs, environmental impact, characteristics, implementation techniques and costs. Obtaining as results that flow batteries (vanadium-vanadium, zinc-bromine, vanadium-bromine), have greater efficiency due to their performance, installation system, environmental impact and acquisition costs, with an approximate useful life of 20 years and 100% discharge depth, operation in high conditions, with scalability reaching powers in MW and low toxicity; Compared to conventional batteries, which despite being the most used, present large-scale limitations due to cycle limits of 2000 cycles/useful life and tending to have high toxicity due to chemical components. It is important to implement storage technologies that are resilient to the environment and not only thinking about cost-benefit.

Keywords: charging accumulators, flow batteries, charging cycles, environmental impact, performance.

Citación sugerida: Lema Osorio, P., Remache Sasig, M., Saltos Taipe, E., & García Quiroz, J. (2023). Eficiencia de las baterías convencionales en comparación con las baterías de flujo y el impacto ambiental en el Ecuador. *Revista de Investigación Talentos*, 10(2), 16-28. <https://doi.org/10.33789/talentos.10.1.187>

I. Introducción

Las baterías han sido un medio de acumulación de la energía eléctrica, que se ha utilizado por más de 100 años, en la que han tenido varias aplicaciones ya sean estos vehículos eléctricos, calculadoras científicas, robots, sistemas renovables, eficiencia energética, entre otros. Profesionales que se dedican a la Dirección de General de Salud Ambiental (DIGESA), determinan la peligrosidad que puede tener las baterías debido a sus composiciones químicas las cuales presentan características como corrosivas, explosivas, reactivas, inflamables y tóxicas. En la que el manejo inadecuado una vez que se cumpla la vida útil de los elementos ha sido un problema de tipo ambiental y de carácter social que afecta a todo el mundo (PRENSA, 2017). En donde, la finalidad ha sido de ir mejorando la eficiencia y rendimiento de nuevas tecnologías en base a los acumuladores (Quintero et al., 2021). Dentro de los nuevos paradigmas esta la descarbonización en base a la generación eléctrica con el auge de las energías renovables, en donde las nuevas tecnologías como las baterías de flujo (RFB), son adecuados gracias a la configuración, por las características que permiten escalar en potencia y energía (Páez Viñas, 2021).

Es necesario diseñar e implementar acumuladores que permitan almacenar la energía de una forma eficiente en la que se consideren los costos- beneficios y el impacto ambiental. Siendo importante considerar las diferentes tecnologías que se tienen a disposición para este tipo de proyectos. En la actualidad una de las

baterías convencionales más utilizadas son la de Níquel- Cadmio, Plomo-acido, NaS, Li-ion(Quintero, 2021), entre otros; a pesar de su funcionalidad y utilización existen parámetros que dificultan su implementación entre ellos la pérdida de capacidad de almacenamiento, su baja densidad de energía, su toxicidad por componentes químicos, los costes de mantenimiento e implementación. De esta forma se da alternativas como las baterías de flujo REDOX, que permiten el almacenamiento a gran escala con la capacidad de anexar módulos externos para aumentar el almacenamiento de energía(Barbón Núñez, 2018), además, los costos de implementación y de mantenimiento se reducen debido a que la vida útil de estos proyectos es en periodos de más de 20 años. Al realizar una comparación técnica, permitirá determinar cuáles son las tecnologías más viables para la implementación en proyectos de acumulación y que causen menor impacto ambiental, recabando información bibliográfica para el fortalecimiento de la investigación.

II. Métodos

En la parte metodológica se aplica una investigación básica no experimental, exploratoria- transversal, con un enfoque cualitativo y cuantitativo, y apoyada en un estudio documental, en la que se analiza variables como en la parte económica, costos de implementación, impacto ambiental, características técnicas y costos de implementación. Donde, se recolecto información de las diferentes fuentes

documentales para el análisis de la eficiencia en base a las características de las baterías convencionales y de flujo, determinando su costo- beneficio y el impacto ambiental.

Dentro de la selección de la población se ha considerado las baterías que son las más comercializadas dentro del entorno geográfico. Además, se ha realizado una comparación técnica entre los diferentes acumuladores determinado el que tiene menor impacto ambiental ya sea por la vida útil, costos y componentes químicos que la constituyen. Las fichas técnicas y de construcción, son esenciales permitiendo tener los datos necesarios para la comparación del caso de estudio.

III. Análisis

Las baterías son una gran alternativa para el almacenamiento de energía eléctrica. En la que las baterías de tecnologías convencionales como las de iones de litio se han sido los más difundidos e implementados en los diferentes sectores residenciales, industriales o comerciales. A pesar de ellos tienen características que pueden ser mejoradas al implementar nuevas tecnologías como las baterías de flujo las cuales ofrecen beneficios como la larga duración, baja toxicidad y ciclos regulares durante todo el día.

Almacenamiento Por Baterías

Utilizan procesos electroquímicos, donde

se almacena la energía eléctrica y tienen la capacidad de devolver al sistema(Zanotto et al., 2019). Dentro del mercado se les conoce con diferentes nombres entre ellas acumuladores o pilas, compuesto de los siguientes elementos principales electrodos, ánodo y cátodo, siendo en esta parte donde se produce el fenómeno de oxidación y reducción respectivamente(Cerón & Soto, 2004). Entre los diferentes tipos de baterías de almacenamiento se tiene:

- Baterías de Ión Litio, Li- ion,
- Baterías de níquel cadmio, NiCd.
- Baterías de plomo ácido, Pb- ácido, y
- Baterías de sulfuro de sodio, NaS.

Al realizar los proyectos es importante que se determine la potencia total de la carga, ya que de esto dependerá el dimensionamiento de las baterías, en donde se deben considerar conceptos como los ciclos de carga- descarga, profundidad de descarga, entre otros. A continuación, se detalla la formula que identifica la potencia total:

$$P_{\text{Total}} = P * h$$

Donde:

Potencia total.

P: Potencia de carga

h: horas de funcionamiento

Dentro de los parámetros importantes se tiene, la profundidad de descarga de la batería, en el que se considera tanto la descargar total y la diferencia de la profundidad de descarga

(DOD).

$$\text{SOC (\%)} = D_T - \text{DOD}$$

Donde:

Profundidad de descarga de la batería.

Descarga total de la batería.

Profundidad de descarga proyectado.

Almacenamiento De Energía En Baterías De Flujo

El sistema de almacenamiento de baterías de flujo, se refiere a todas las sustancias químicas reactivas (parejas redox) y electrolito que son las que hacen parte de este sistema, las cuales se encuentran en estado líquido (Pastor et al., 2022). Para el dimensionamiento de la energía que se va almacenar está relacionado con el tamaño de los tanques y la potencia del tamaño del stack, las cuales se presenta de forma independiente y con la capacidad de ser escalables según los requerimientos (Galindo et al., 2021). Una de las principales ventajas que tiene este sistema es el de recarga rápidas, en las que se pueden implementar tanques externos para que sean bombeados dentro de los stacks de celdas (Casas Avery, 2022).

A continuación, se presentan los tipos de baterías de flujo, que se pueden encontrar en el mercado:

- Hierro-cromo, Fe/Cr,
- Bromo-Polisulfuro,
- Vanadio-Bromo,
- Zinc- Bromo, y

- Vanadio-Vanadio.

Ventajas Y Desventajas De Las Baterías Convencionales

A continuación, se describen las diferentes ventajas y desventajas de las baterías como tecnología de almacenamiento. En la Tabla I. se especifica las ventajas y desventajas que tiene las diferentes baterías convencionales en las que se hacen referencia a las que se disponen en el mercado (Ortiz Perugachi, 2018).

Entre las características que se deben analizar dentro de las baterías, son las que se encuentran detalladas en la Tabla II. En la que se consideran densidad de energía, rango de energía, rango de potencia, ciclos de carga y descarga, el rendimiento, entre otros (López Sánchez, 2019).

Ventajas Y Desventajas De Las Baterías De Flujo

Las baterías de flujo al tener diferentes principios de funcionamiento, disponen de distintos químicos para el almacenamiento de energía de esta forma en la Tabla III, se establece cuáles son las ventajas y desventajas de cada una de estas:

Tabla I

Ventajas y desventajas de las baterías convencionales

Tecnologías	Ventajas	Desventajas
Baterías Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relativamente económicas ▪ Buena densidad de energía ▪ Excelentes capacidades de suministro de potencia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amenaza medioambiental (Cadmio, altamente tóxico) ▪ Tiene efecto memoria
Baterías Plomo-ácido (Pb-ácido)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relativa tolerancia al abuso físico y operacional (en menor medida que Ni Fe): <ul style="list-style-type: none"> - Sobrecarga - Exceso de descarga - Cortocircuitos - Circuito abierto durante largos periodos ▪ Comportamiento moderadamente bueno a bajas y altas temperaturas ▪ Celdas de voltaje elevado (en comparación con otro tipo de celdas) ▪ Rápida disponibilidad (cantidades, tamaños y diseños) ▪ Componentes fácilmente reciclables ▪ Tecnología muy madura. ▪ Tecnología conocida 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía específica baja ▪ Potencia específica baja ▪ Ciclo de vida relativamente corto ▪ Vida útil corta. ▪ Baja densidad energética. ▪ Necesidad de mantenimiento. ▪ Efectos nocivos para el medio ambiente. ▪ Mantenimiento elevado ▪ Amenaza medioambiental (plomo y ácido sulfúrico)
Baterías NaS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta energía específica y densidad de energía ▪ No presenta efecto “memoria” ▪ Rendimiento muy alto. ▪ Elevada vida útil. Baja tasa de auto descarga 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necesario aporte de calor. ▪ Alto coste.
Baterías Li-ion (Tessone et al., 2021)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta rendimiento. ▪ Larga vida útil. ▪ Capacidad de carga rápida ▪ Alta energía específica y densidad de energía ▪ No presenta efecto “memoria” ▪ Selladas, no requieren mantenimiento ▪ Larga vida útil ▪ Amplio rango de temperatura de trabajo ▪ Baja tasa de auto descarga 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Degradación a altas temperaturas ▪ Pérdida de capacidad cuando sobrecarga ▪ Control de temperatura de funcionamiento. ▪ Necesidad de un circuito de protección ▪ Daños irreversibles en descargas bajo un límite ▪ Coste elevado.
Baterías de flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendimiento medio-alto ▪ Elevado ciclismo y vida útil. ▪ No sufren auto descarga. ▪ Gran flexibilidad y casi nulo mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología poco madura. ▪ Coste elevado. ▪ Baja densidad de energía

Tabla II

Características de baterías convencionales

Baterías convencionales				
Detalle	Ión-Litio	Plomo-Acido	Sodio-Sulfuro	Níquel-Cadmio*
Densidad de Energía (MJ/m ³)	10,8 – 14,40	60-180	540	60 (Wh/kg)
Rango de Energía (MJ) [6]	36000	144000	172800	
Rango de Potencia (MW)	0,1 – 10	0,1-10	0,1-10	0,1-10
Tiempo de Carga y Densidad	H-min	H-min	Horas	Horas
Ciclos de Carga/ Descarga	4500	2500	4500	1500
Rendimiento (%)	94%	90%	80%	85%
Mínimo Estado de Carga (%)	10%	20%	10%	
Carga mínima de operación recomendada	20%	50%		
Tensión a circuito abierto (V)				
Coste de Instalación (USD/kWh)	619	420	333	
Coste de Mantenimiento al Año (USD/kWh*año) [6]	3,5	2,34	3,5	Elevado

Entre las características técnicas que disponen las baterías de flujo se pueden mencionar la densidad de energía, el rango, potencia, tiempo de carga y descarga, ciclos de carga y descarga, rendimiento, mínimo

estado de carga, carga mínima de operación recomendada, tensión de circuito, membrana y transportador de carga(López Sierra, 2020). La información de detalla en la Tabla IV.

Tabla III

Ventajas y desventajas de las baterías de flujo

Tecnologías	Ventajas	Desventaja
Batería Vanadio-Vanadio (V)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad sin límite al aumentar el tamaño de los tanques de electrolito. ▪ No se daña si accidentalmente se mezclan los electrolitos ▪ Trabaja a temperatura ambiente ▪ La contaminación cruzada es mínima o nula. ▪ No se daña al realizar descargas 100% DOD ▪ No se daña al permanecer descargada por largos periodos de tiempo ▪ Puede ser cargada por simple sustitución del electrolito 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de energía pobre ▪ Necesidad de sistema auxiliar para circulación y control de temperatura ▪ El diseño del sistema debe asegurar la seguridad de todas las baterías ▪ Energía específica pobre

Baterías Zinc-Bromo (Zn-Br)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de potencia adecuada para la mayoría de aplicaciones ▪ Capacidad de carga rápida ▪ No se daña al realizar descargas 100% DOD ▪ Trabaja a temperatura ambiente ▪ Buen nivel de energía específica ▪ Buena eficiencia energética ▪ Materiales fácilmente disponibles y de bajo coste ▪ Bajo impacto medioambiental 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necesidad de sistema auxiliar para circulación y control de temperatura
Baterías Hierro-Cromo (Fe-Cr)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formado por electrodos de fibra de carbono de muy bajo coste. ▪ Larga vida útil. ▪ Baja tasa de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja densidad de energía. ▪ Alta probabilidad de contaminación cruzada entre hierro y cromo. ▪ Bajo rendimiento del 70% aproximadamente ▪ Tensión en circuito abierto inferior a 1,2 V
Baterías Bromo-Polisulfuro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Constancia en evolución ▪ Los elementos químicos que forman los electrolitos son muy abundantes. ▪ Coste medio. ▪ Solubles en medios acuosos (reduciendo la cantidad de electrolito utilizado) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendimiento bajo 67% aproximadamente. ▪ Contaminación cruzada con el paso del tiempo. ▪ Dificultad en mantener el equilibrio entre las concentraciones de electrolitos ▪ Densidad de energía 25-35 Wh/L.
Baterías Vanadio-Bromo (V-Br) (Moreno Yerro, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada energía específica de casi 50 Wh/kg. ▪ Funcionamiento en bajas temperaturas ▪ Mayor diferencial de potencial 1,3 V que las baterías de vanadio. ▪ Rendimiento del 75% ▪ Alta solubilidad (aparece como respuesta a la baja solubilidad de vanadio- vanadio) ▪ Aumento en densidad de energía entre 35 y 70 Wh/L. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peligro de emisión de vapor de broma. ▪ Posibilidad de contaminación cruzada

Tabla IV

Características de baterías de flujo

Detalle	Vanadio-Vanadio	Zinc-Bromo	Hierro-Cromo*	Bromo-Polisulfuro*	Vanadio-Bromo*
Densidad de Energía (MJ/m ³) (Wh/L)	25-35	39	10	35	35-75
Rango de Energía (MJ)	36000	36000			
Rango de Potencia (MW)	0,1-100	0,1-100			
Tiempo de Carga y Densidad	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
Ciclos de Carga/ Descarga	20000	12000	>2000	3000	3000-5000
Rendimiento (%)	90%	75%	70%	67%	75%
Mínimo Estado de Carga (%)	5%	10%			
Carga mínima de operación recomendada	10%	25%	30%	40%	25%
Tensión a circuito abierto (V)	1,26	1,83	1,18	1,4	1,35
Membrana	Catiónica	Catiónica	Aniónica o catiónica	Catiónica	Catiónica
Transportador de carga					
Electrolito soporte	Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico	Ácido clorhídrico	Ácido sulfúrico	Ácido clorhídrico, ácido bromhídrico
Electrodos	Grafito fieltro, fibras de grafito	Carbón activo, grafito	Fibra de carbono	Carón activo	Carbono, composites de grafito
Temperatura máx. de operación (°C)	50	45-50	30-55	35	45
Coste de Instalación (USD/kWh)	817	450			
Coste de Mantenimiento al Año (USD/kWh*año)	11,68	15,18			

Discusión

En el mercado eléctrico latinoamericano, existe una gran variedad de tecnología para la generación eléctrica entre las principales fuentes de generación resaltan las centrales

hidroeléctricas, solares, fotovoltaicas (Barbón Núñez, 2018). Predominando la generación hidráulica, donde la localización geográfica y los diferentes recursos hídricos han sido factores importantes para su implementación. Sin embargo, las energías renovables han sido

una alternativa que ha ido en crecimiento, las cuales necesitan de acumuladores para almacenar la energía eléctrica para luego ser suministrados al sistema (Cardozo et al., 2020). Dentro del mercado eléctrico se tiene a disposición baterías convencionales (ion-litio, plomo—ácido, sodio-sulfuro), y las baterías de flujo (vanadio-vanadio, zinc-bromo, vanadio-bromo), las cuales van variando desde su rendimiento, sistemas de instalación y costes (Paul, 2018).

Las baterías convencionales son las más empleadas en estos sistemas de generación, sin embargo al incorporar las baterías de flujo al sistema permite tener una duración de la vida útil de más de 20 años, según el autor (Rivero Bermúdez, 2021), detalla que las baterías de flujo es una tecnología de creciente interés de los diferentes investigadores, debido a que constan de buenas características. Además, han presentado dificultades como la profundidad de descarga y los diferentes efectos al no tener un proceso adecuado de funcionamiento y mantenimiento, entre ellos el efecto memoria que reduce la capacidad de almacenamiento (Agüeros Díez, 2021). Adicional a ello se menciona que las baterías convencionales como la de Litio tienen desventajas como la duración, vida útil de 3 años, el número de carga es limitado a 1000 ciclos como máximo, son costosas por la forma de fabricación, tienen a sobrecalentarse ya que están compuestas de materiales inflamables y la capacidad de rendimiento en bajas temperaturas se reducen hasta un 25% (batería de litio recargable, 2023). Entre las ventajas de las baterías de flujo se pueden trabajar en temperaturas altas,

y ser considerados para el dimensionamiento para proyectos en MW y la energía en MWh, los componentes químicos que integran son menos invasivas (Paul, 2018).

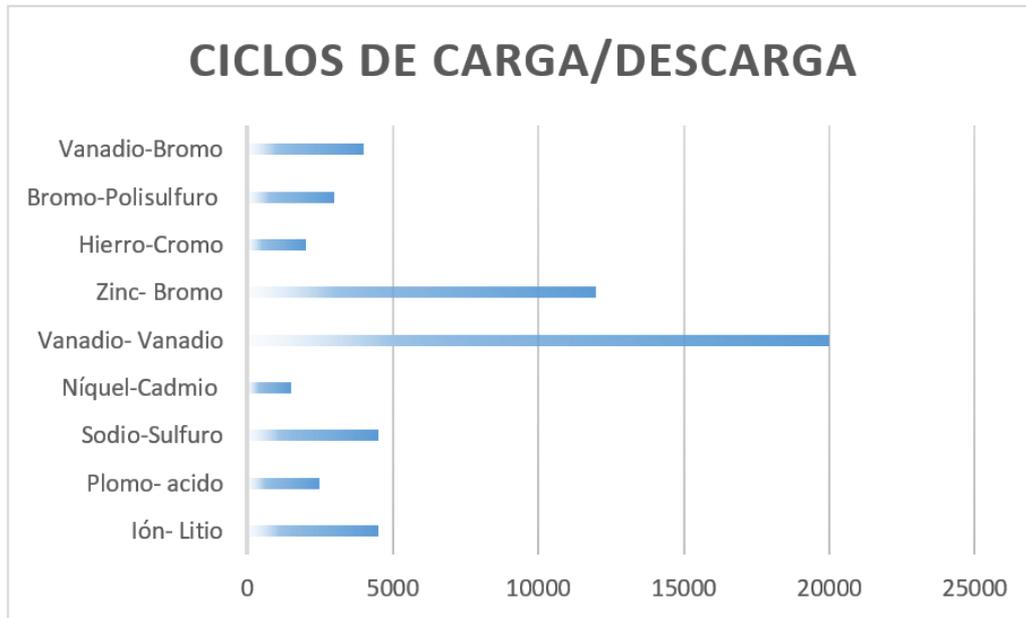
Hay que tener en consideración que los elementos químicos que hacen parte de las baterías convencionales, está el plomo entre las más utilizadas, caracterizadas por alto impacto en el medio ambiente ya que son tóxicas; dentro de la implementación en proyectos a gran escala se encuentran limitados y la duración, debido a la vida útil se limita ya que tiene ciclos de descarga de hasta 2000 ciclos. Así también, otras de las baterías convencionales utilizadas actualmente son las de ion de litio, las cuales tienen características favorables como la alta eficiencia y la densidad de potencia, pero enfrentan problemas de escalabilidad al ser implementadas en grandes proyectos y los costes de instalación y producción son altos (Quintero, 2021).

Ciclos De Carga Y Descarga De Las Baterías Convencionales Y De Flujo.

Para realizar un análisis entre las diferentes baterías y con ella determinar a la vida útil de los elementos son los ciclos de carga y descarga, en la que dependiendo del componente electroquímico se determinará el periodo de funcionamiento de los equipos. A continuación, en la fig. 1 se visualiza los ciclos de carga y descarga que tienen las dos tecnologías (convencionales y flujo) (Escudero-Quintero et al., 2021).

Figura I

Ciclos de carga y descargar de baterías convencionales y de flujo.



El componente electroquímico que resalta entre las baterías se encuentra las de flujo la que se encuentran conformado de Vanadio-vanadio, la cual dispone de 20000 ciclos de carga y descarga siendo la que tiene mayor vida útil, seguida de la batería de zinc-bromo, la cual tiene 12000 ciclos de carga/descarga (Vásquez Arroyave, 2020). Entre las baterías convencionales que son utilizados con más frecuencia dentro del mercado se encuentran las de Ión-Litio y la de plomo acido, las cuales tienen un rango de ciclos de carga y descarga de 2500-4500.

Impacto Ambiental De Las Baterías

Los efectos del impacto ambiental pueden perdurar a lo largo del tiempo, o pueden ser considerados estacional cuando el impacto no es de gran magnitud recuperándose el entorno, transformable cuando se pueda recuperar de

los daños pero es probable que jamás pueda ser como antes y permanente cuando sea definitivo dada la gravedad y perdurabilidad (Lipari, 2020).

Las baterías han sido uno de los elementos más utilizados en los sistemas industriales, energías alternativas, vehículos, entre otros (Calle Buestán & Valverde Galán, 2023), en entornos de almacenamiento de energía para el suministro eléctrico residencial, industrial, generación, salud, etc. El desarrollo constante de esta tecnología ha promovido un conocimiento profundo y multidisciplinario; el principio de funcionamiento de los acumuladores consta de celdas constituidos de materiales tóxicos(Ibáñez Sales, 2019). Siendo un factor decisivo en varios países para la implementación de políticas de recolección, reciclaje, reutilización, disposición y tratamiento final, para mitigar

el riesgo en los consumidores y el medio ambiente (Bocchi et al., n.d.).

Es importante considerar que los acumuladores se encuentran constituidos de contaminantes como el magnesio, plomo, mercurio, cadmio, litio y níquel, donde se debe considerar ciertas medidas de seguridad para que no pueden ser causantes de contaminación tanto del aire, suelo y agua (Villa & Cuesta, 2019). En el que se considere la reducción o eliminación del impacto ambiental.

IV. Conclusiones

En el mercado ecuatoriano se dispone de diferentes tecnologías, como las baterías convencionales (ion-litio, plomo-acido, sodio- sulfuro), y las baterías de flujo (vanadio- vanadio, zinc-bromo, vanadio-bromo); las cuales se caracterizan por su funcionalidad, rendimiento, sistema de instalación, impacto ambiental y costes. Donde estas últimas ha presentado mayor eficiencia ya que tienen una vida útil aproximada de 20 años, profundidades de descarga al 100%, operación en condiciones altas, escalables llegando a potencias en MW, con una baja toxicidad. En la actualidad las baterías de plomo acido que son una tecnología convencional y las más usadas, presentan limitaciones en la implementación de proyectos a gran escala debido al límite ciclos de 2000 ciclos/vida útil, la composición química es toxica causando un impacto negativo en el medio ambiente. Es importante según vaya avanzando la tecnología con respecto a los acumuladores e ir analizando y comparando sus efectos en el entorno y

sustituyendo por mejores alternativas no solo por los costos sino también la resiliencia con el medio ambiente.

V. Referencias Bibliográficas

- Agüeros Díez, M. (2021). *Análisis térmico del sistema de refrigeración de un módulo de baterías mediante CFD*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/22074>
- Barbón Núñez, A. (2018). *Análisis de ventajas e inconvenientes de las baterías de flujo redox frente a las baterías de iones de litio en aplicaciones de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica*. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/48646>
- Bateriadelitio recargable. (2023). *Ventajas y inconvenientes de las baterías de litio recargables*. BateriasdeLitioRecargable. <https://bateriadelitio recargable.com/es/content/8-ventajas-y-desventajas-de-baterias-de-litio>
- Bocchi, N., Ferracin, L., & Biaggio, S. (n.d.). *Funcionamiento e Impacto Ambiental*.
- Calle Buestán, C. M., & Valverde Galán, E. X. (2023). *Análisis técnico del aprovechamiento de las pilas usadas en el cantón Cuenca – Ecuador*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24361>
- Cardozo, H., Díaz, D., & Triana, Y. (2020). Energías renovables no convencionales y cambio climático: un análisis para Colombia. In *Energías renovables no convencionales y cambio climático*:

- un análisis para Colombia*. Editorial Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.2307/j.ctvx1hwnz>
- Casas Avery, M. (2022). *Estudio de la viabilidad de una instalación de generación eléctrica híbrida de energías renovables con baterías de ion litio*. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/61061>
- Cerón, M., & Soto, A. (2004). *Elementos de Electroquímica*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52036767/Elementos_de_Electroquimica_-_Maria_Luisa_Ceron_2004-libre.pdf?1488762070=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DElementos_de_Electroquimica.pdf&Expires=1680303577&Signature=YGjhfAgSaVtpa1E9zvfiXN
- Escudero-Quintero, C., Acevedo, S., Villegas-Ceballos, J. P., González-Montoya, D., Serna-Garcés, S. I., Escudero-Quintero, C., Acevedo, S., Villegas-Ceballos, J. P., González-Montoya, D., & Serna-Garcés, S. I. (2021). Diseño y control digital de un convertidor elevador entrelazado para sistemas de carga/descarga de baterías. *TecnoLógicas*, 24(50), 4–21. <https://doi.org/10.22430/22565337.1556>
- Galindo, D. S., Montiel, M., Félix, A., Toledo, B., & Tello, A. R. (2021). *Diseño e integración del sistema de monitorización y control en la instalación experimental de una batería de flujo redox design and integration of the monitoring and control system in an experimental facility for a redox flow battery*. Universidad de Zaragoza.
- Ibáñez Sales, I. (2019). *Estudio de acumuladores de energía*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/130602>
- Lipari, M. (2020). *Vista de La responsabilidad socio - ambiental en la disposición final de pilas y baterías: Identidad Bolivariana*. <https://identidadbolivariana.itb.edu.ec/index.php/identidadbolivariana/article/view/110/175>
- López Sánchez, D. (2019). *Tecnologías de baterías*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/37778>
- López Sierra, A. G. (2020). *Mercado del almacenamiento de energía en el mundo*. <https://doi.org/10.1/JQUERY.MIN.JS>
- Moreno Yerro, M. (2020). *Modelado, dimensionamiento y aplicación de una batería de flujo redox de vanadio*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/187159>
- Ortiz Perugachi, B. A. (2018). *Análisis del ciclo de vida de las baterías convencionales*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7911>
- Páez Viñas, M. T. (2021). *Baterías de Flujo de Alta Densidad de Energía basadas en Mediadores Redox. Thesis*. <https://oa.upm.es/70375/>
- Pastor, P., Ibáñez, Á., & Barreras, F. (2022). *Introducción a las baterías de flujo redox de vanadio (VBFR) y su monitorización | Jornada de Jóvenes Investigadores del I3A*. <https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/jji3a/article/view/7010>

- Paul, L. (2018). *Análisis de las baterías de flujo como medio de almacenamiento de energía para el aplanamiento de pico de carga mejorando la eficiencia energética de la curva de demanda eléctrica*. [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5621>
- PRENSA. (2017). *Mala gestión de pilas y baterías impacta en la salud y el medio ambiente - Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social*. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y BIENESTAR SOCIAL. <https://www.mspbs.gov.py/portal/13563/mala-gestion-de-pilas-y-baterias-impacta-en-la-salud-y-el-medio-ambiente.html>
- Quintero, V. (2021). Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones. *I+D Tecnológico*, 17(1), 14–22. <https://doi.org/10.33412/idt.v17.1.2907>
- Quintero, V., Che, O., Ching, E., Auciello, O., De Obaldía, E., & Autor, *. (2021). Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones. *I+D Tecnológico*, 17(1), 14–22. <https://doi.org/10.33412/IDT.V17.1.2907>
- Rivero Bermúdez, D. (2021). *Sistemas de almacenamiento de energía. Baterías de flujo*. <https://doi.org/10.17616/R31NJNEG>
- Tessone, M. O. R., Etcheverry, R. O., Kruse, E. E., & Moreira, P. (2021). Baterías de ion litio: presente y futuro. *El Litio En La Argentina: Visiones y Aportes Multidisciplinarios Desde La UNLP*, 181–196. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/141388>
- Vásquez Arroyave, F.A. (2020). *Desarrollo de materiales a base de hierro y manganeso dopados con níquel y vanadio, para el mejoramiento de las propiedades electroquímicas de cátodos en baterías de ion-litio*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/16068>
- Villa W, & Cuesta I. (2019). *Análisis de factibilidad técnica del proceso pirometalúrgico para reciclaje de baterías de vehículos con motores eléctricos en Ecuador*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17412>
- Zanotto, F. M., Mariscal, M. M., Gabriela, D., Lacconi, I., & Puiatti, M. (2019). *Procesos electroquímicos acoplados: aproximación teórico-experimental*. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/13261>

Recibido: 9 de agosto, 2023

Revisado: 3 de octubre, 2023

Aceptado: 1 de noviembre, 2023