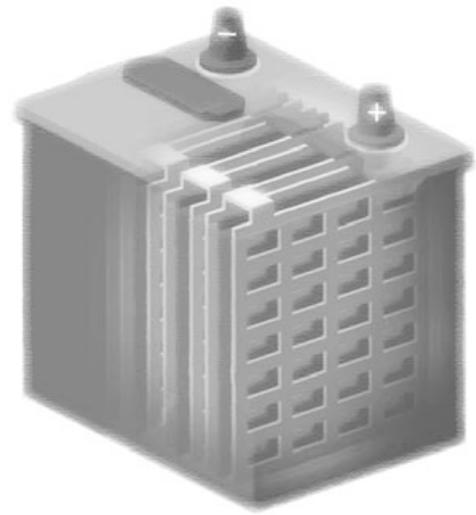


# 3. Baterías...

## Plomo - Ácido



Un **acumulador eléctrico o batería** es un dispositivo que permite, mediante un proceso electroquímico, almacenar la energía eléctrica en forma de energía química y liberarla cuando se conecta con un circuito de consumo externo. Las reacciones químicas que tienen lugar son reversibles y pueden ser recargadas cuando se conectan los terminales a una fuente de energía externa, pero con polaridad invertida.

La **batería de plomo** suministra energía a través de las reacciones químicas de oxidación de plomo metálico a sulfato de plomo que ocurre en el ánodo y la reducción de óxido de plomo a sulfato de plomo que ocurre en el cátodo, utilizando un conductor iónico al que se le denomina electrolito. Mientras la batería se descarga se forma sulfato de plomo en ambos electrodos, cuando se recarga se invierten las reacciones y el sulfato de plomo se transforma nuevamente en plomo y óxido de plomo.

El **electrolito** es una solución de ácido sulfúrico diluida al 36% (400 g de ácido sulfúrico por litro de agua destilada). En algunas baterías, sobre todas las de bajo peso, como pueden ser las utilizadas en UPS, el electrolito se encuentra melificado.

Los componentes principales de una batería de plomo son:

- *Las placas positivas (que son láminas de plomo metálico) y las placas negativas (que son rejillas de plomo metálico recubiertas por una pasta de óxido de plomo). La reacción química que ocurre cuando interviene sólo un par de placas produce un potencial de 2V. Si se conectan varios pares de placas en serie el voltaje total del acumulador aumenta (en el caso de una batería de automóvil se conectan 6 pares en serie, produciendo un voltaje de 12V). Las placas se colocan consecutivamente y aisladas entre sí por separadores constituidos generalmente son fundas de polietileno y algunas de PVC.*
- *El contenedor o caja es generalmente de polipropileno y en algunos casos de ebonita (caucho endurecido).*
- *El electrolito, constituido por ácido sulfúrico diluido.*

Según la aplicación, las baterías pueden clasificarse en:

- *Baterías para arranque: como son las utilizadas en automóviles, camiones, motocicletas, tractores, embarcaciones o aeronaves.*
- *Baterías de tracción: las utilizadas para transportar cargas como los montacargas, carritos de golf, transporte de equipaje en aeropuertos, automóviles eléctricos.*
- *Baterías estacionarias: que se utilizan como respaldos en sistemas de alimentación interrumpida como las telecomunicaciones, usinas eléctricas, sistemas de UPS, etc.*

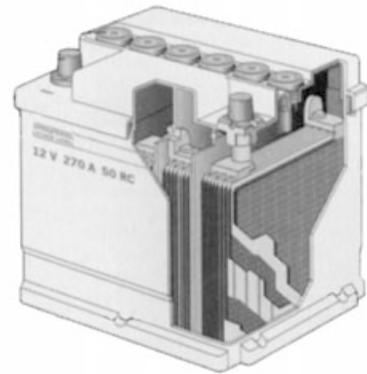


Las baterías pueden tener pesos desde 0,5 Kg (como las de respaldo de alimentación interrumpida de sistemas de seguridad) hasta 10.000 Kg (como son los grandes bancos de baterías estacionarias). Las de mayor consumo en número son las baterías de automóviles que pesan generalmente entre 12 y 16 Kg.

La composición en peso promedio de los componentes de una batería de plomo nueva y una batería agotada se mantiene. El agotamiento de la batería se produce debido a que las placas se contaminan cada vez más con sulfato de plomo durante la descarga. Esto tiene como consecuencia la inhibición de las reacciones químicas que ocurren en las placas de óxido de plomo, impidiendo una nueva recarga. De esta forma el acumulador queda agotado, transformándose en un residuo. En la siguiente tabla se presentan los porcentajes típicos de los componentes de una batería.

#### Composición en peso de una batería nueva o agotada

65 - 75 % de Plomo (Pb, PbO <sub>2</sub> , PbSO <sub>4</sub> )
15 - 25 % Electrolito
5 % Separadores de plástico
5 % Caja de plástico



## 3.1 Generación del Residuo

Cuando deja de ser posible su recarga, las baterías se transforman en residuos. Existen referencias que indican que las baterías pueden llegar a tener una vida útil menor a 48 meses, sin embargo en la práctica las baterías duran de 2 a 10 años dependiendo del tipo y calidad de las baterías, así como del régimen de funcionamiento al que sean sometidas. Las baterías de arranque son las de menor vida útil.

Por tratarse de un producto de uso masivo, consumido por la población, la industria y las empresas de servicios, tanto los puntos de generación como los actores involucrados son muy diversos. Por el volumen de generación, en orden de relevancia se destacan:

- ① *las estaciones de servicio y talleres de mantenimiento de vehículos*
- ② *las plantas industriales*
- ③ *empresas de telecomunicaciones y empresas que generan, distribuyen y/o transmiten energía (aunque la vida útil de estas baterías son de más de 5 años, los volúmenes generados en el momento de recambio de los bancos de baterías es muy significativo)*
- ④ *empresas instaladoras de alarmas y de servicios de mantenimiento informático*
- ⑤ *el recambio realizado por el propio usuario*



## 3.2 Impactos sobre la Salud y el Medio Ambiente

Las baterías poseen dos sustancias peligrosas: el **electrolito ácido** y el **plomo**. El primero, es corrosivo, tiene alto contenido de plomo disuelto y en forma de partículas y puede causar quemaduras en la piel y los ojos.

El plomo es altamente tóxico para la salud humana, ingresa al organismo por ingestión o inhalación y se transporta por la corriente sanguínea acumulándose en todos los órganos, especialmente en los huesos. La exposición prolongada al plomo puede provocar:

- *Anemia, que es uno de los primeros efectos*
- *Afectación del sistema nervioso central, cuyos efectos van desde sutiles cambios psicológicos y de comportamiento hasta graves efectos neurológicos, siendo los niños la población con más riesgo de afectación.*



El mal manejo de las baterías usadas puede dispersar o transportar el plomo de la batería a los distintos compartimentos del ambiente, ingresando al organismo por distintas vías.

La fundición de plomo por recolectores informales, incluso en su propia vivienda, genera contaminación por plomo en el aire y el suelo, afectando fundamentalmente la salud de operador, la su familia y los vecinos. Por otro lado, la fundición de plomo en hornos industriales sin sistemas de tratamiento

de emisiones gaseosas genera contaminación por plomo.

La disposición inadecuada de las escorias que se generan en la fundición es otra potencial fuente de contaminación de suelo y agua.

## 3.3 Alternativas de Gestión de la Batería Usada



Al final de su vida útil la batería contiene la misma cantidad de plomo que el producto nuevo. Por esta razón la batería usada adquiere un valor comercial significativo ya que es posible reciclar el plomo a través de un proceso de fundición.

A efectos de recuperar el plomo en forma ambientalmente adecuada es esencial que exista un sistema de gestión formal, que contemple todos los pasos desde que la batería se convierte en residuo hasta el proceso de fundición.

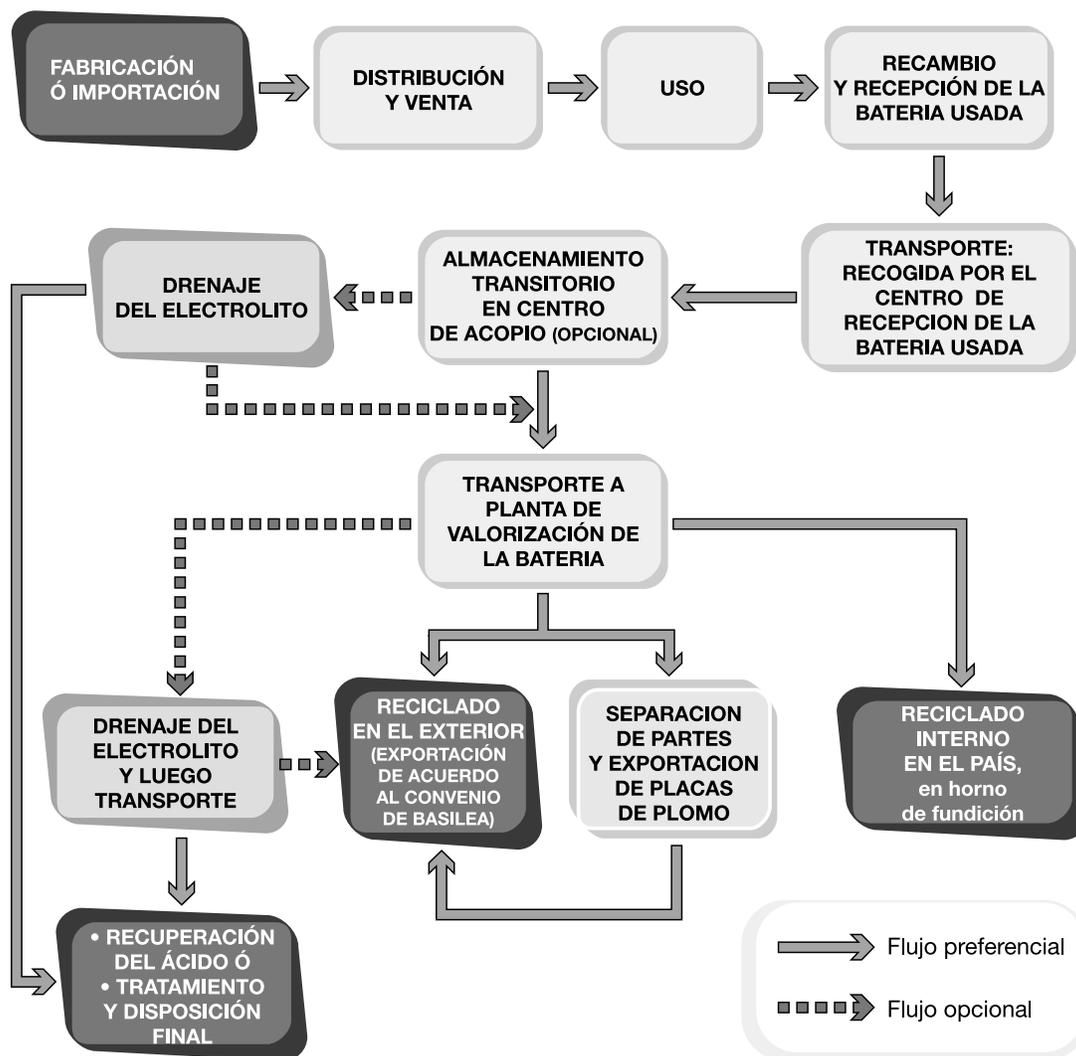


Los principales beneficios de contar con un sistema de gestión formal son:

- Evitar el vertido del electrolito, que además de ser muy corrosivo contiene alta concentración de plomo disuelto y en forma de partículas que contaminan el suelo y las aguas.
- Evitar que se recupere el plomo en fundiciones no autorizadas, con tecnologías no adecuadas ambientalmente, provocando contaminación del suelo de la instalación y del aire por la emisión gaseosa de plomo con importantes consecuencias sobre la salud.

Las diferentes etapas involucradas en la gestión, que se inicia con la recepción de las baterías usadas en los centros de recepción hasta la etapa final de reciclado, presentan riesgos de contaminación si no se realizan de forma adecuada, contando con la infraestructura necesaria y con la tecnología de fundición adecuada, provista de sistemas de tratamiento de emisiones requeridos.

En el siguiente diagrama se muestra el ciclo de vida de las baterías integrado a un sistema de gestión adecuado de las mismas.



En la siguiente tabla se presentan, para cada fase de la gestión de las baterías usadas, los riesgos de contaminación asociados, así como las recomendaciones para la gestión ambientalmente adecuada de las mismas.

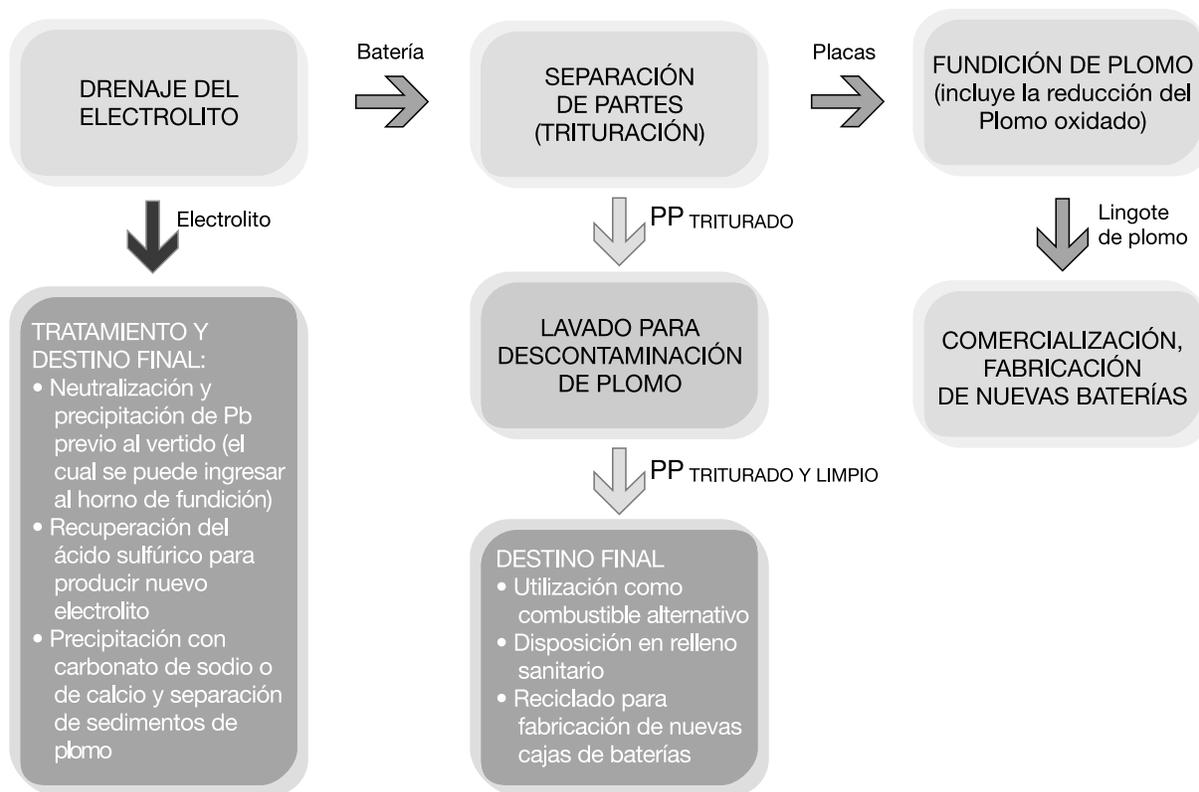
Fase	Riesgo de contaminación	Recomendaciones
<b>Importación y/ ó Fabricación</b>	Derivado del ingreso de las baterías a un sistema informal de recuperación de plomo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Los importadores o fabricantes son los que introducen las baterías en el mercado, por lo que la mayoría de las normativas los consideran responsables del residuo. En este marco, a través de su cadena de distribución, deben promover la devolución de la batería agotada por parte del cliente (ya sea mediante incentivos económicos o por concientización del cliente). Deben contar con planes que garanticen la retornabilidad de la batería, así como también alternativas para la valorización de la misma.</li> <li>→ Por otro lado, las autoridades competentes deberán coordinar con las autoridades aduaneras el control de la importación de baterías, de modo que sólo operen empresas debidamente autorizadas.</li> </ul>
<b>Recepción de la batería usada en los centros de ventas</b>	<p>Pérdidas de electrolito.</p> <p>Ingreso de las baterías a un sistema informal, las cuales se destinan a fundiciones de plomo ambientalmente no adecuadas dentro o fuera del país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Los centros de ventas, deben recibir las baterías usadas y contar con la infraestructura necesaria para almacenarlas en forma segura.</li> <li>→ Depositar las baterías en contenedores de plástico o sobre bandejas plásticas.</li> <li>→ No realizar el drenaje del electrolito en los centros de recepción.</li> <li>→ Los centros de recepción deben entregar baterías únicamente a los sistemas de recolección habilitados, evitando el circuito informal.</li> </ul>
<b>Transporte</b>	Derrame de electrolito por vuelco de las baterías o pérdidas de electrolito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Colocar las baterías sobre pallets y envolverlos con film adherente para ajustar la carga y colocarlos sobre bandejas plásticas o dentro de contenedores plásticos sellados.</li> <li>→ El vehículo debe estar identificado con los símbolos de transporte para materiales corrosivos y peligrosos.</li> <li>→ Se deben utilizar documentos de carga.</li> <li>→ Contar con planes de contingencia y productos tales como soda o cal para neutralizar posibles derrames.</li> <li>→ Realizar el recorrido por rutas de bajo tráfico.</li> <li>→ La empresa de transporte debe contar con la autorización del organismo competente.</li> </ul>



<b>Centros de acopio transitorio</b>	Derrame de electrolito por vuelco de las baterías o pérdidas de electrolito Existe un alto riesgo por robos de baterías, que se destinan a fundiciones informales dentro o fuera del país.	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pisos anticorrosivos, con sistema de conducción y contención de derrames.</li> <li>→ Contar con materiales para neutralizar derrames (soda o cal).</li> <li>→ Almacenar en pallets estibados en forma segura.</li> <li>→ Contar con sistema de seguridad para evitar el ingreso de terceros.</li> <li>→ Los centros de acopio deben contar con la habilitación del organismo competente.</li> </ul>
<b>Reciclado - etapa de drenaje</b>	Efluente ácido y con alto contenido de plomo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ En los casos en que no se recupere el electrolito, previo al vertido del efluente, se debe neutralizar el ácido y precipitar el plomo como hidróxido de plomo.</li> <li>→ Controlar la concentración de plomo en el efluente según los estándares de emisiones que establezca la reglamentación vigente.</li> </ul>
<b>Reciclado - etapa de separación de partes plásticas y limpieza del plástico</b>	Efluente ácido y con alto contenido de plomo.  Residuos sólidos no valorizables como la ebonita.	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Tratar el agua de lavado previo al vertido del efluente, neutralizando el ácido y precipitando el plomo como hidróxido de plomo.</li> <li>→ La ebonita puede ingresar el horno de fundición como agente reductor. Si esto no es posible, se dispondrá en rellenos de seguridad o relleno sanitario, dependiendo de la eficiencia del lavado.</li> </ul>
<b>Reciclado - etapa de fundición</b>	Emisiones gaseosas con plomo, material particulado (MP) y anhídrido sulfuroso (SO <sub>2</sub> ).  Residuos sólidos: escoria con alto contenido de plomo.  Polvo del sistema de tratamiento de gases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ La salida del horno de fundición debe contar con un sistema de tratamiento para emisiones gaseosas, que retenga el MP (a donde se adhiere el plomo), como precipitadores electrostáticos para partículas grandes seguidos de filtros mangas para retención de la fracción de bajo tamaño, seguido de un lavador básico para absorber los vapores ácidos (SO<sub>2</sub>).</li> <li>→ Por ser residuos peligrosos, las escorias se deben disponer en rellenos de seguridad.</li> <li>→ El polvo puede ingresarse nuevamente al horno de fundición.</li> <li>→ Se debe controlar la emisión de plomo, material particulado y SO<sub>2</sub> en boca de chimenea de acuerdo a la reglamentación vigente. En caso de no contar con legislación nacional, se recomienda usar como referencia reglamentaciones reconocidas a nivel internacional.</li> <li>→ El organismo de competencia ambiental debe autorizar y controlar la planta de fundición.</li> </ul>
<b>Exportación de baterías o placas de plomo</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>→ La exportación se debe realizar de acuerdo al Convenio de Basilea por tratarse de residuos peligrosos.</li> </ul>



En la separación de las partes de la batería para su reciclado se generan tres corrientes de residuos: electrolito ácido, placas de plomo y plásticos, cuyas opciones de recuperación, valorización o disposición final se esquematizan en el siguiente cuadro.



La viabilidad económica de la instalación de una planta de fundición secundaria de plomo, con los requerimientos ambientales necesarios, requiere de un mercado significativo de baterías (en el orden de dos mil toneladas por año ó más). Además de los costos de inversión y operación se deben considerar los costos del sistema de recolección.

### 3.4 Referencias

Decreto 373/03 sobre Gestión integral de baterías usadas de Plomo-Ácido, Uruguay, 2003. [www.dinama.gub.uy](http://www.dinama.gub.uy)

Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de baterías usadas y generadas por el parque automotor de Bogotá. Colombia, 2001. [www.dama.gov.co](http://www.dama.gov.co)

Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los acumuladores de ácido plomo de desecho. Secretaría del Convenio de Basilea, 2003. [www.basel.int](http://www.basel.int)

Proyecto Nacional de manejo ambientalmente seguro de baterías usadas de ácido-plomo en Venezuela, 2002. [www.marnr.gov.ve](http://www.marnr.gov.ve)



