

## 6. CONCLUSIONES

La factibilidad técnica de la extracción de los metales presentes en las baterías de Ni-Cd por métodos hidrometalúrgicos está ampliamente probada.

A través del diseño de la planta piloto realizado en este trabajo se demuestra que es posible realizar el tratamiento integral del reciclaje de baterías de Ni-Cd mediante un tren de equipos para el proceso.

Considerando que el objetivo de la investigación es lograr la futura industrialización del proceso, el emplear ácido sulfúrico como reactante es muy conveniente, a pesar de no ser el ácido que proporciona la máxima eficiencia de extracción de metales, ya que no está considerado como reactivo peligroso en el listado de sustancias altamente riesgosas reportado por la SEMARNAT, y por lo tanto las normas de seguridad para almacenaje y manejo no son tan estrictas y por lo tanto es menos costoso su manejo.

La secuencia de etapas para el reciclaje de las baterías de Ni-Cd que se propone es:

- 🔧 Preparación de Materia Prima.
  - 🔧 Selección y separación de baterías
  - 🔧 Trituración de baterías
  - 🔧 Separación de componentes ferromagnéticos
  - 🔧 Separación de partes plásticas
- 🔧 Reacción
- 🔧 Purificación
  - 🔧 Intercambio iónico selectivo
  - 🔧 Evaporación

La secuencia de equipos para llevar a cabo el proceso es:

- 🔧 Triturador
- 🔧 Banda transportadora e Imán suspendido
- 🔧 Tanque de flotación
- 🔧 Reactor de Tanque Agitado



- Columna empacada con resinas selectivas para intercambio iónico.
- Tanque de almacenamiento
- Evaporador atmosférico.

El equipo más importante del proceso es el Reactor, ya que en este se lleva a cabo la recuperación de los metales, los resultados del diseño son altamente confiables ya que dicho diseño está basado en experimentación. Por otro lado es especialmente importante realizar la operación del proceso a nivel de planta piloto, para determinar las condiciones de operación del cambio iónico selectivo, a fin de escalar el proceso a niveles industriales.

De acuerdo a los materiales y las proporciones determinados en el análisis de composición de las baterías de Ni-Cd se tienen los siguientes insumos:

Tabla 6.1 Insumos para la operación diaria de la planta de reciclaje de baterías

Insumos	Valor	Unidad
Baterías	100.00	Kg
Ni	16.37	Kg
Cd	16.37	Kg
Fe	43.30	Kg
Plásticos	23.49	Kg
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	66.43	L

Los productos que se obtienen de acuerdo al diseño de equipo son los siguientes:

Tabla 6.2 Productos diarios de la planta de reciclaje de baterías

Productos	Valor	Unidad
Ni	13.09	Kg
Cd	16.37	Kg
Fe	43.30	Kg
Plásticos	22.31	Kg
<b>En forma de sales.</b>		
NiSO <sub>4</sub>	34.45	Kg
ClCd	21.53	Kg
CdSO <sub>4</sub>	22.48	Kg



La estimación de costos de equipo y operación, se hizo mediante índices de costos, el método empleado es completamente congruente con la estimación de ingresos y egresos realizada. Dada la fluctuación de precios y las características cambiantes del valor del dinero, es más significativo reportar los resultados del análisis económico en porcentajes.

- 🔑 El primer año se recupera el 60.2% de la inversión inicial
- 🔑 Para el año dos se ha recuperado el 122.6% de la inversión inicial, por lo que el tiempo de recuperación es de 1.6 años

La tasa interna de retorno del proyecto es de 59.6%, por lo que de acuerdo a la evaluación económica el proyecto es altamente rentable.