



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE PROCESOS AMBIENTALES APROPIADOS PARA EL RECICLAJE DE  
BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN PRESENTES EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS**

**Trabajo previo a la obtención del título de:**

**MAGISTER EN SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA.**

**Nombre del autor:**

**Jessica Jeanneth Gancino Cañizares**

**Nombre del director:**

**Ing. Efrén Esteban Fernández Palomeque PhD.**

**Cuenca – Ecuador**

**2022**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo le dedico principalmente a Dios, por ser quien ha guiado mi camino y por haberme dado la fortaleza de conseguir mis objetivos, Le dedico a mi hija Itzel y mi esposo Darío quienes son mi pilar para mantenerme en pie de lucha, a mis padres quienes me formaron y guiaron para ser la profesional que soy y que gracias a ellos alcance llegar a estas instancias, a mis hermanas Lizbeth , Joselyn y mi hermano Jordy que siempre me apoyan y me acompañan en todos mis retos y están presentes en todos los momentos más primordiales de mi vida.

### **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, estoy muy agradecida con mi Dios que me ha dado vida y salud para cumplir con mis objetivos, en segundo lugar, mi grato agradecimiento a la universidad del Azuay que me ha facilitado la enseñanza con sus mejores docentes que compartieron sus conocimientos para alimentar a sus estudiantes con un gran espíritu de trabajo y amor a la profesión, en especial al Ing. Efrén Esteban Palomeque PhD por su apoyo y guía para culminar con este proceso de aprendizaje e investigación.

## Tabla Índice

<b>DEDICATORIA</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>3</b>
<b>Tabla Índice</b>	<b>4</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>II. BATERIAS: TIPOS, PROCESOS Y ACTUALIDAD</b>	<b>8</b>
<b>A. Tipos de Baterías</b>	<b>8</b>
1. Batería de hidruro metálico de níquel (Ni-Mh)	8
2. Batería de ion de litio (Li-ion)	8
<b>A. Pre-procesamiento de Baterías</b>	<b>8</b>
1. Descarga	8
2. Separación	8
3. Disolución	9
<b>B. Procesos de Reciclaje</b>	<b>9</b>
1. Proceso pirometalúrgico	9
2. Proceso hidrometalúrgico	9
<b>C. Actualidad Ecuatoriana</b>	<b>10</b>
1. Vehículos eléctricos y Proyecciones	10
2. Reciclaje de baterías	11
3. Impacto Medioambiental del Reciclaje	11
<b>III. PROPUESTA DE MÉTODO</b>	<b>12</b>
<b>A. Recopilación</b>	<b>12</b>
<b>B. Preprocesamiento</b>	<b>12</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>13</b>
<b>A. Normas medioambientales y Estimaciones de costo</b>	<b>14</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>14</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>14</b>
<b>VII. REFERENCIAS</b>	<b>14</b>

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Tipos de baterías: a)Ni-Mh, b) Li-ion</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2: Vehículos híbridos y eléctricos vendidos de 2015-2021 [40] [41]</b>	<b>10</b>
<b>Figura 3: Energía evitada por eficiencia energética [38]</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4: Proceso propuesto de recopilación</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5: Proceso propuesto de pre-procesamiento</b>	<b>13</b>

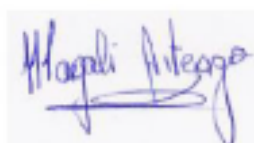
## TABLAS

<b>Tabla 1: Ventas por empresa en 2022</b>	<b>10</b>
--	-----------

Resumen— El impacto medioambiental provocado por las baterías de hidruro metálico de níquel (Ni-Mh) e ion de litio (Li-ion) al culminar su vida útil ha generado el estudio y las regulaciones legales para mejorar el manejo y control de estos productos. Actualmente, en Ecuador, no existe una normativa medioambiental que rija el manejo de estas baterías para autos híbridos y eléctricos. La viabilidad de la ejecución de todo el proceso de reciclaje se ha retrasado debido a la no existencia de infraestructura y normativas legales que dicten la manera en que debe implementarse. Este artículo presenta una propuesta para el reciclaje de baterías de Ni-Mh y Li-ion que incluye el manejo desde la etapa de recolección hasta la venta de los materiales a empresas de reciclaje. Los talleres automotrices y establecimientos comerciales se encargan de la recolección de los acumuladores; la empresa INCINEROX se ocupa de la mayor parte de la etapa de separación; el resto del proceso de reciclaje se produce fuera del país, mediante la exportación de los acumuladores.

Abstract— The environmental impact caused by nickel metal hydride (Ni-Mh) and lithium ion (Li-ion) batteries at the end of their useful life has generated the study and legal regulations to improve the management and control of these products. Currently, in Ecuador, there is no environmental regulation that tenrted the management of these batteries for hybrid and electric cars. The viability of the execution of the entire recycling process has been delayed due to the non-existence of infrastructure and legal regulations that dictate the way in which it should be implemented. This article presents a proposal for the recycling of Ni-Mh and Li-ion batteries that includes management from the collection stage to the sale of the materials to recycling companies. Automotive workshops and commercial establishments are responsible for collecting the accumulators; the INCINEROX company handles most of the separation stage; the rest of the recycling process takes place outside the country, by exporting the accumulators.

Translated by



Jessica Jeanneth Gancino Cañizares