



UNIVERSIDAD METROPOLITANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-  
ÁCIDO EN LA C.A. METRO DE CARACAS Y PROPOSICIÓN  
DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS  
IRREGULARIDADES IDENTIFICADAS**

Ana Elisa Azpúrua Ramírez  
Debbie Esayag Marques  
Tutor: Ingeniero Lila Loaiza  
Caracas, Febrero 2.001

## **DERECHO DE AUTOR**

Cedemos a la Universidad Metropolitana el derecho de reproducir y difundir el presente trabajo, con las únicas limitaciones que establece la legislación vigente en materia de derecho de autor.

En la ciudad de Caracas, a los 16 días del mes de Febrero de 2.001.

---

Ana Elisa Azpúrua Ramírez

---

Debbie Esayag Marques

# **APROBACIÓN**

Considero que el Trabajo de Grado titulado

*DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN  
LA C.A. METRO DE CARACAS Y PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS DE  
SOLUCIÓN A LAS IRREGULARIDADES IDENTIFICADAS*

elaborado por las ciudadanas

*ANA ELISA AZPÚRUA RAMÍREZ Y DEBBIE ESAYAG MARQUES*

para optar por el título de

*INGENIERO CIVIL*

reúne los requisitos exigidos por la Escuela de *Ingeniería Civil* de la Universidad Metropolitana, y tiene méritos suficientes como para ser sometido a la presentación y evaluación exhaustiva por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Caracas, a los 16 días del mes de Febrero de 2.001

---

Ingeniero Lila Loaiza

# ACTA DE VEREDICTO

Nosotros, los abajo firmantes, constituidos como jurado examinador y reunidos en Caracas, el día 12 de Marzo de 2.001, con el propósito de evaluar el Trabajo de Grado titulado

*DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN LA C.A. METRO DE CARACAS Y PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS IRREGULARIDADES IDENTIFICADAS*

presentado por la ciudadana

*ANA ELISA AZPÚRUA RAMÍREZ*

para optar por el título de

*INGENIERO CIVIL*

emitimos el siguiente veredicto:

Reprobado\_\_\_      Aprobado\_\_\_      Notable\_\_\_      Sobresaliente\_\_\_  
Sobresaliente con Mención Honorífica\_\_\_

Observaciones

---

---

---

Ing. Lila Loaiza

---

Ing. José Carrillo

---

Ing. Eduardo Genatios

# ACTA DE VEREDICTO

Nosotros, los abajo firmantes, constituidos como jurado examinador y reunidos en Caracas, el día 12 de Marzo de 2.001, con el propósito de evaluar el Trabajo de Grado titulado

*DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN LA C.A. METRO DE CARACAS Y PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS IRREGULARIDADES IDENTIFICADAS*

presentado por la ciudadana

*DEBBIE ESAYAG MARQUES*

para optar por el título de

*INGENIERO CIVIL*

emitimos el siguiente veredicto:

Reprobado\_\_\_      Aprobado\_\_\_      Notable\_\_\_      Sobresaliente\_\_\_  
Sobresaliente con Mención Honorífica\_\_\_

Observaciones

---

---

---

Ing. Lila Loaiza

---

Ing. José Carrillo

---

Ing. Eduardo Genatios

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra tutora y amiga, Ing. Lila Loaiza, por su invaluable apoyo, dedicación y asesoría, y gracias a quien hemos adquirido muchas experiencias y conocimientos enriquecedores que nos impulsan a ser cada día más profesionales y a seguir su ejemplo de rectitud y vocación por el trabajo.

A nuestras familias, por su constante soporte que nos motivó a lo largo de la elaboración de todo el Trabajo de Grado.

A la C.A. Metro de Caracas y a sus integrantes, por abrirnos sus puertas y servirnos de fuente primordial de información.

A Elías Aserraf por su ayuda incondicional.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>LISTA DE DIAGRAMAS, FIGURAS, CUADROS, CROQUIS, PLANOS, FOTOS Y PLANILLAS</b>	viii
<b>RESUMEN</b>	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS</b>	
I.1. Planteamiento del Problema	7
I.2. Objetivo General del Trabajo	8
I.3. Objetivos Específicos del Trabajo	8
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	
II.1. Desechos o Materiales Recuperables Peligrosos	11
II.1.1. Raíces Históricas del Manejo de Desechos o Materiales Recuperables Peligrosos	13
II.1.2. Gestión Integral del Manejo de Desechos o Materiales Recuperables Peligrosos	15
II.2. Aspectos Legales vinculados al Manejo de Desechos o Materiales Recuperables Peligrosos	22

II.2.1. Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98)	23
II.2.2. Norma Venezolana COVENIN 2.670. “Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencia a Incidentes o Accidentes”	32
II.3. Baterías de Plomo-ácido	33
II.3.1. Partes Constituyentes de las Baterías de Plomo-ácido	34
II.3.2. Manejo de las Baterías de Plomo-ácido Usadas	39
 <b>III. MARCO METODOLÓGICO</b>	
III.1. Tipo de Investigación Realizada	45
III.2. Metodología Empleada	45
 <b>IV. RESULTADOS</b>	
IV.1. Breve Descripción de la C.A. Metro de Caracas	52
IV.1.1. Principios Fundamentales de la Empresa	53
IV.1.2. Estructura Organizativa de la Empresa	54
IV.2. Breve Descripción de la División de Electromecánica (Parte Afectada)	56
IV.2.1. Funciones de la División de Electromecánica	57

IV.3. Descripción de la Actividad de Generación en la Empresa de las Baterías de Plomo-ácido Usadas	58
IV.4. Frecuencia o Tasa de Generación en la Empresa de las Baterías de Plomo-ácido Usadas	60
IV.5. Características Físico-Químicas de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	62
IV.6. Clasificación según la Normativa Venezolana de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	64
IV.7. Medidas y Procedimientos ya Adoptados y/o en Proyecto en la Empresa para el Manejo de las Baterías de Plomo-ácido	65
IV.7.1. Reducción en la Fuente de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	65
IV.7.2. Sitio de Almacenamiento Central Interno Actual	66
IV.7.3. Procedimientos Administrativos	67
IV.7.4. Comercialización de las Baterías de Plomo-ácido Usadas con Empresas Recicladoras	68
<b>V. DIAGNÓSTICO</b>	
V.1. Generación de las Baterías de Plomo-ácido Usadas	69
V.2. Transporte de las Baterías de Plomo-ácido Usadas desde el Sitio de Generación hasta el Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual	69
V.3. Almacenamiento Central Interno Actual	71

V.3.1. Ubicación del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual	71
V.3.2. Características Físicas del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual	71
V.3.3. Forma y Condiciones Generales del Almacenamiento Actual de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	74
V.3.4. Normas de Uso y Acceso del/al Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual	77
V.3.5. Evaluación Ambiental del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual	77

## **VI. RECOMENDACIONES**

VI.1. Mantenimiento Preventivo de las Baterías de Plomo-ácido en Funcionamiento en la Empresa	80
VI.1.1. Lineamientos para el Mantenimiento Apropriado de las Baterías de Plomo-ácido en Funcionamiento	81
VI.1.2. Instalación de un Banco de Reparación de Baterías de Plomo-ácido	84
VI.1.3. Adquisición de Baterías de Plomo-ácido de Libre Mantenimiento	84
VI.2. Modernización del Sistema bajo el cual funcionan las Baterías de Plomo-ácido en la Empresa	85
VI.3. Almacenamiento Controlado de las Baterías de Plomo-ácido Usadas como Material Recuperable Peligroso Generado en la Empresa	86
VI.3.1. Reacondicionamiento del Sitio de Almacenamiento Central Interno Actual	86

VI.3.2. Proposición de un Diseño Conceptual para el Sitio de Almacenamiento Central Interno	88
VI.3.3. Desmantelamiento del Sitio de Almacenamiento Central Interno Actual	98
VI.4. Reciclaje mediante la Comercialización de las Baterías de Plomo-ácido Usadas con otras Empresas	99
VI.4.1. Acumuladores Duncan C.A.	101
VI.4.2. Fundición de Metales C.A.	102
VI.5. Normalización de las Operaciones de Manejo Interno de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	103
VI.5.1. Operaciones de Manejo Interno de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	105
VI.5.2. Responsables de las Operaciones de Manejo Interno de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	109
VI.5.3. Instrumentos de Registro de Información	111
VI.6. Seguimiento y Control del Manejo Interno y Externo de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	119
VI.6.1. Actividades de Seguimiento y Control	119
VI.6.2. Responsables del Seguimiento y Control del Manejo de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	121
VI.6.3. Frecuencia de Inspecciones	122
VI.6.4. Instrumentos de Registro de Información	123

VI.6.5. Estimación Cuantitativa y Cualitativa del Cumplimiento de las Normas y Procedimientos Propuestos	125
VI.6.6. Informe de las Actividades de Seguimiento y Control del Manejo de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	129
VI.6.7. Breve Guía para la Realización de las Actividades de Seguimiento y Control del Manejo de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa	130
VI.7. Actividades de Adiestramiento al Personal de la Empresa sobre el Manejo de las Baterías de Plomo-ácido	131
VI.8. Archivo de la Documentación relacionada con el Manejo de las Baterías de Plomo-ácido en la Empresa	135
VI.9. Trámites Oficiales con el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales	139
VI.9.1. Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente	140
VI.9.2. Régimen de Adecuación para Generadores de Materiales Peligrosos y Desechos Peligrosos	140
VI.10. Continuidad del Trabajo	143
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	145
<b>APÉNDICE A:</b> Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98)	147
<b>APÉNDICE B:</b> Norma Venezolana COVENIN 2.670. "Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de	180

Emergencia a Incidentes o Accidentes”

**APÉNDICE C:** Principales Fichas del Manual MEDIA utilizadas 185

**APÉNDICE D:** Planilla de Registro de Actividades Susceptibles  
de Degradar el Ambiente 195

# **LISTA DE DIAGRAMAS, FIGURAS, CUADROS, CROQUIS, PLANOS, FOTOS Y PLANILLAS**

## **DIAGRAMAS**

- 1.** Resumen de las Técnicas de Minimización según su Orden de Prioridad, 19.
- 2.** Etapas de un Proyecto de Minimización, 50.
- 3.** Organigrama General de la C.A. Metro de Caracas, 55.
- 4.** Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento, 56.
- 5.** Flujo del Proceso de Generación de las Baterías de Plomo-ácido Usadas, 59.
- 6.** Proceso de Registro en Venezuela en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, 141.

## **FIGURAS**

- 1.** Operación Electrolítica de una Celda en una Batería, 34.

## **CUADROS**

- 1.** Inventario de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Desincorporadas desde el año 1.987, 61.
- 2.** Componentes y Estado Físico de las Baterías de Plomo-ácido Usadas empleadas en la C.A. Metro de Caracas, 62.
- 3.** Inventario de las Baterías de Plomo-ácido Usadas acumuladas en los Patios y Talleres de Propatria con especificación de sus pesos y

dimensiones, 63.

4. Calidad del Agua a añadir en el Electrolito de las Baterías de Plomo-ácido, 83.
5. Área que ocupan las Baterías de Plomo-ácido Usadas acumuladas en los Patios y Talleres de Propatria, 94.
6. Volumen que ocupan las Baterías de Plomo-ácido Usadas acumuladas en los Patios y Talleres de Propatria, 96.
7. Evaluación del Cumplimiento global de las Medidas Ambientales, 129.
8. Programa de Entrenamiento sobre Manejo de Desechos y Materiales Recuperables a ser dictado al personal de la C.A. Metro de Caracas, 136.

## **CROQUIS**

1. Planta del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual, 75.
2. Planta del Galpón de Materiales Recuperables Peligrosos, 90.

## **PLANOS**

1. Plano de la Zona donde se encuentra ubicado el Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual de las Baterías de Plomo-ácido Usadas, 72.
2. Lugar Especial dentro del Galpón para el Almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido Usadas, 92.

## **FOTOS**

1. Cerca que separa la Avenida Simón Bolívar del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual, 73.
2. Batería Usada abierta y con la mitad del Electrolito, 74.

3. Derrames de Electrolito en la parte de tierra del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual, 76.
4. Otros Desechos Domésticos e Industriales presentes en el Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual, 77.

## **PLANILLAS**

- A. Guía de Despacho Interno de Baterías Usadas, 115.
  - B. Guía de Despacho Externo de Baterías Usadas, 116.
  - C. Control de Entrada y Salida de Baterías Usadas al/del Sitio de Almacenamiento Central Interno, 117.
  - D. Resumen Anual de Generación y Manejo Interno y Externo de Baterías Usadas, 118.
1. Inspección de las Actividades de Manejo Interno de Desechos o Materiales Recuperables, 126.
  2. Inspección de las Actividades de Manejo Externo de Desechos o Materiales Recuperables, 127.
  3. Resumen de Irregularidades y Recomendaciones, 128.

## **RESUMEN**

### *DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN LA C.A. METRO DE CARACAS Y PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LAS IRREGULARIDADES IDENTIFICADAS*

Autores : Ana Elisa Azpúrua Ramírez

Debbie Esayag Marques

Caracas, Febrero 2.001

Tutor : Ing. Lila Loaiza

El presente Trabajo de Grado fue realizado gracias al apoyo técnico de la empresa C.A. Metro de Caracas. Tiene como principal objetivo la planificación y organización del manejo de las Baterías de Plomo-ácido que provienen de las actividades de mantenimiento de la División de Electromecánica de la empresa y que son empleadas (como energía de respaldo en caso de fallas por parte de la Electricidad de Caracas) en los Equipos de Energía de Emergencia (SEDE) y de Iluminación de Emergencia de las Acometidas (Capuchinos, Antimano y Caricuaao), y en los Equipos del Sistema de Señalización de Trenes instalados en los Patios y Talleres, las estaciones de pasajeros y la red de vías de las líneas 1, 2 y 3 del Metro de Caracas.

La selección de las Baterías de Plomo-ácido como elemento base para el estudio, de entre los otros desechos o materiales recuperables posibles, es debida a que éstas representan uno de los mayores problemas que actualmente (2.000 - 2.001) enfrenta la empresa, por ser un material recuperable peligroso que desde hace aproximadamente dos (2) años ha venido siendo almacenado de una manera inadecuada y no se han puesto en marcha los procesos necesarios para darle a este problema una solución definitiva.

La idea es ayudar a la empresa a encontrar medidas y procedimientos encaminados a reducir la cantidad de Baterías de Plomo-ácido usadas, empleando técnicas de prevención o reducción en la fuente como primera

prioridad, y además guiarla en el manejo adecuado de las baterías usadas que necesariamente se van generando.

Para ello, se realizó un diagnóstico profundo de la situación actual del manejo de las Baterías de Plomo-ácido en la C.A. Metro de Caracas, que incluyó el estudio de las operaciones de mantenimiento actuales, el proceso de generación de las baterías usadas, su transporte desde el sitio de generación hasta el lugar de almacenamiento central interno actual y las condiciones de éste último.

Posteriormente, con el diagnóstico elaborado y en base a la teoría investigada se formularon una serie de recomendaciones encaminadas a la normalización de todas las operaciones del manejo, tanto interno como externo, de las Baterías de Plomo-ácido utilizadas en la empresa. Estas proposiciones fueron formuladas con el objetivo de mejorar las irregularidades encontradas en cada una de las etapas por las cuales pasan las baterías, desde que comienzan su operación en la C.A. Metro de Caracas, hasta que se decide su destino final, y además, ayudar a la empresa a considerar el aspecto ambiental como un factor más de competitividad dentro de su estrategia empresarial, aprovechando así el aspecto positivo que el medio ambiente puede incorporar en su organización.

Con miras a lograr un mayor alcance de este trabajo, se recomienda a la C.A. Metro de Caracas realizar un análisis de viabilidad económico de cada una de las opciones de minimización recomendadas. Además se sugiere realizar un estudio similar con cada uno de los otros desechos o materiales recuperables peligrosos o no peligrosos que se generan en la empresa para, de esta forma, darle una solución global a la situación ambiental actual.

# INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha venido notando una tendencia hacia la sofisticación y mayor complejidad en los proyectos de Ingeniería, debido fundamentalmente a cambios tecnológicos que representan indiscutibles mejoras para la existencia humana, pero que en contraste, pueden generar consecuencias adversas para la vida de todo ser vivo sobre la Tierra, provocando una sensación de incertidumbre entre todos los que tienen responsabilidades sobre personal, instalaciones, comunidades y ambiente.

Dicha tendencia supone la necesidad de realizar mayores esfuerzos para lograr que la tecnología de control de riesgos ambientales marche al paso con las tecnologías empleadas hoy en día (2.001), requiriéndose cambios radicales para muchas disciplinas profesionales, y muy especialmente para la Ingeniería.

Generalmente el ingeniero descuida la protección ambiental por considerar que ésta incrementa notablemente el costo final del proyecto (sin que la primera represente una limitante para su fin comercial), convirtiéndose así en el más poderoso perturbador de su medio, a pesar de que su salud y quizá su supervivencia sobre la Tierra, dependan de las condiciones del mismo. Esta concepción es errada ya que el control ambiental, aunque puede que sea costoso, supone la prevención frente a la corrección, basándose en la idea de que la reparación de daños ambientales ya ocasionados será mucho más difícil y sin duda más costosa.

Es por esto que los proyectos de ingeniería de hoy requieren una apreciación ecológica que den respuesta a un público cada vez más educado en

conservación ambiental, por lo que las profesiones deben incluir este campo en su currículo, si quieren tener credibilidad pública. Ya no es posible que los ingenieros diseñen y construyan proyectos sin evaluar su impacto ambiental sobre el entorno, debido a que por ley, el productor o promotor es responsable de los desechos, vertidos, etc., desde su origen hasta su disposición final.

La Ingeniería Ambiental es la rama de la Ingeniería que se ocupa de la protección del ambiente y de los efectos potencialmente dañinos derivados de la actividad humana. Actualmente se considera que la Ingeniería Ambiental procede de la Ingeniería Sanitaria, siendo ésta última, una parte consolidada de la Ingeniería Civil.

Una de las obras civiles de mayor envergadura que se ha construido en Venezuela hasta los momentos es el Metro de Caracas, la cual ha conseguido mejorar las condiciones de vida de la población venezolana, constituyendo un sistema de transporte masivo de pasajeros de vital importancia y trascendencia. Si bien este tipo de transporte es mucho menos contaminante que el vehículo automotor, su operación y mantenimiento pueden generar impactos adversos al ambiente (por ejemplo, la afectación a la calidad de las aguas y el suelo por un inadecuado manejo de aceites gastados o baterías usadas), debido principalmente a un descuido en la planificación ambiental durante la etapa de diseño del proyecto, donde se han debido tomar en cuenta los riesgos que se podían generar en años posteriores a su inauguración.

He aquí la importancia de la realización de un estudio ambiental, previo al desarrollo de cualquier proyecto, tomando en cuenta el impacto que cada una de sus etapas, puede generar al ambiente.

El presente Trabajo de Grado pretende incentivar a los ingenieros a buscar en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sus proyectos, tanto presentes como futuros, un desarrollo sostenido que satisfaga las necesidades del momento sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras, a través de un uso equilibrado de los recursos. Para ello se utilizará la situación actual que vive la Compañía Anónima (C.A.) Metro de Caracas, como caso ilustrador de las previsiones ambientales que deben ser tomadas en cuenta, y a su vez, como caso estimulador para que todo ingeniero conozca la calidad de su gestión empresarial desde el punto de vista ambiental, e incluya en sus prácticas y avances tecnológicos, la inquietud por prevenir, minimizar y controlar los impactos en la salud y el ambiente derivados de todas las fases de sus procesos, resultando, entre otras cosas, en una mejora importante de la imagen de la empresa.

Entre los días 3 al 5 de Mayo de 2.000 tuvieron lugar las “Primeras Jornadas de Ingeniería, Construcción, Operación y Mantenimiento”, en la cual se expuso la ponencia titulada “Almacenamiento, Desincorporación, Enajenación y Disposición final de Desechos generados por el Mantenimiento en la C.A. Metro de Caracas”,<sup>1</sup> en la que se indica que en la empresa, a principios del año 2.000, comenzó un proceso de reestructuración organizacional que persigue mantener y mejorar sus niveles de eficiencia para continuar prestando un excelente servicio que la colectividad merece, e incentivar la participación de todo el personal en un proceso de cambio en el que cada uno de ellos debe poner su mayor esfuerzo para que la empresa siga siendo la gran solución para el transporte de la ciudad de Caracas y sus

---

<sup>1</sup> Exposición realizada por los señores Andrés González (Jefe del Departamento de la Unidad de Gestión de Material Rodante), Guillermo A. Ochoa V. (Asistente del Gerente de Mantenimiento) y José G. García B. (Analista del Nivel de Mantenimiento A).

alrededores. Uno de los procesos involucrados en esta reestructuración organizacional es la necesidad de normalizar y regular el manejo de los desechos o materiales recuperables, tanto peligrosos como no peligrosos, generados por la C.A. Metro de Caracas.

En esta misma ponencia se indica que en los Patios y Talleres de la empresa (Propatria y Las Adjuntas), algunas áreas de estacionamiento de vehículos y taller presentan, desde hace más de tres (3) años, un ambiente de acumulación de desechos o materiales recuperables provenientes de las actividades de mantenimiento de los equipos y las instalaciones del sistema, y que tal situación ha sido la causa de una desmejora en la higiene, apariencia y seguridad de esas áreas; la afectación al ambiente de trabajo en taller; y la ocupación de áreas que están destinadas para otros fines. Además, se señala que todo esto obedece a factores tales como:

- La falta de planificación y organización para el manejo de los desechos o materiales recuperables generados por la empresa.
- La falta de áreas destinadas al almacenamiento de los mismos.
- El desconocimiento, por parte del personal, de los procesos y procedimientos existentes para el manejo de desechos o materiales recuperables no peligrosos.
- La inexistencia de normas y procedimientos internos para el manejo de los desechos o materiales recuperables peligrosos en particular.

El presente Trabajo de Grado constituye un aporte para la realización y puesta en marcha del proceso de reestructuración organizacional previamente mencionado, enfocando el estudio ambiental en uno de los desechos o materiales recuperables peligrosos generados por la C.A. Metro

de Caracas: las Baterías de Plomo-ácido, que actualmente están a cargo de la División de Electromecánica, la cual forma parte de la Gerencia de Mantenimiento de la empresa.

El proyecto consta de seis (6) capítulos, conformados por:

- **Planteamiento del Problema y Objetivos**, donde se plantea la problemática en estudio y los objetivos general y específicos del proyecto.
- **Marco Teórico**, en el cual se presenta el sustento conceptual del trabajo y los aspectos con los cuales se relaciona, con el fin de situar al lector dentro de un conjunto de conocimientos que lo vinculen con los antecedentes existentes sobre el tema.
- **Marco Metodológico**, donde se describe el procedimiento de investigación utilizado, el cual incluye, la utilización de una metodología de minimización existente (Manual MEDIA), además de técnicas como revisión bibliográfica, entrevistas, visitas, contactos telefónicos, reuniones, entre otros.
- **Resultados**, capítulo en el cual se presenta una breve descripción de la C.A. Metro de Caracas y de la División de Electromecánica (parte afectada), y luego se describen los hallazgos obtenidos de la investigación realizada, que incluyen: la actividad de generación de las Baterías de Plomo-ácido usadas, sus características y composición, su clasificación según la normativa venezolana y, las medidas y procedimientos ya adoptados y/o en proyecto en la empresa para su manejo.
- **Diagnóstico**, donde una vez analizados los resultados obtenidos, se describe ampliamente la situación del manejo de las Baterías de Plomo-

ácido en la empresa, desde que las mismas comienzan a funcionar hasta que llegan a su destino final actual como baterías usadas.

- **Recomendaciones**, capítulo donde se dan lineamientos encaminados a la solución de las irregularidades identificadas, proponiendo sugerencias tales como: mantenimiento preventivo; modernización del sistema; almacenamiento controlado; reciclaje mediante la comercialización; normalización de las operaciones de manejo interno; seguimiento y control del manejo interno y externo; actividades de adiestramiento al personal; archivo de la documentación; y Trámites Oficiales con el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**

## **I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente (Enero, 2.001), en un sector de los Patios y Talleres de Propatria de la C.A. Metro de Caracas, se encuentran acumuladas casi mil (1.000) Baterías de Plomo-ácido usadas provenientes de las actividades de mantenimiento de la División de Electromecánica. Dichas baterías, como se verá en profundidad más adelante, se encuentran acumuladas de manera desordenada e inapropiada, ocupando un espacio que no está destinado para tal fin y que no cumple con la normativa legal venezolana para el almacenamiento de desechos o materiales recuperables peligrosos. Adicionalmente, su acceso no está restringido y el lugar presenta, entre otras cosas, señales de fugas y derrames de electrolito ácido en el suelo.

Todo esto se traduce en:

- Un riesgo de colapso de los espacios físicos y de las condiciones de seguridad e higiene industrial que son necesarias en los Patios y Talleres de la empresa para la ejecución de sus actividades operativas.
- Una amenaza a la calidad de las aguas y el suelo por el potencial arrastre y percolación de sustancias tóxicas como el plomo y el ácido sulfúrico contenidos en las baterías.
- La pérdida de la imagen de un ambiente de orden y limpieza en las áreas de los Patios y Talleres de Mantenimiento, que ha caracterizado a la C.A. Metro de Caracas desde su inauguración.

## **I.2. OBJETIVO GENERAL DEL TRABAJO**

El objetivo general del presente trabajo es la planificación y organización del manejo de las Baterías de Plomo-ácido empleadas en la C.A. Metro de Caracas, de acuerdo con las “Normas Venezolanas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98).

## **I.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL TRABAJO**

- ❑ Conocer los procedimientos actuales de manejo de las Baterías de Plomo-ácido, tanto en funcionamiento como las usadas consideradas como desechos o materiales recuperables peligrosos por parte de la C.A. Metro de Caracas.
- ❑ Proporcionar lineamientos para evitar la potencial contaminación de las aguas y el suelo, como consecuencia de un manejo inadecuado de las Baterías de Plomo-ácido usadas.
- ❑ Evitar efectos nocivos a la salud de los trabajadores que manipulan las Baterías de Plomo-ácido, tanto en funcionamiento como las usadas.
- ❑ Brindar apoyo para el cumplimiento de la normativa legal sobre el manejo de las Baterías de Plomo-ácido como material recuperable peligroso.
- ❑ Evitar irregularidades en el orden y la limpieza de las áreas de los Patios y Talleres de Propatria en la C.A. Metro de Caracas.

- Aportar observaciones y recomendaciones para:
  - La mejora de los procesos de mantenimiento de las Baterías de Plomo-ácido en funcionamiento, de tal forma de disminuir el número de aquellas que ya no puedan seguir operando.
  - La modernización del sistema bajo el cual funcionan estas baterías.
  - La optimización de los procesos de desincorporación, transporte y almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas, para que de esta forma se cause el menor daño posible al ambiente y se garantice la seguridad de todo el personal.
  - El reaprovechamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas mediante su comercialización con posibles empresas que las reciban para sus procesos de reciclaje.
  - La normalización de las operaciones de manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas, mediante su adaptación a la normativa venezolana y a las buenas prácticas que rigen la materia.
  - El seguimiento y control del manejo interno y externo de las Baterías de Plomo-ácido usadas generadas en la empresa con el objeto de asegurar el buen cumplimiento de las operaciones de normalización y, en caso de ser necesario, corregir las irregularidades detectadas.
  - El adiestramiento al personal de la empresa que maneja las Baterías de Plomo-ácido.
  - El archivo de la documentación relacionada con el manejo de las Baterías de Plomo-ácido en la empresa.

- La realización de los trámites de inscripción de la empresa en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales y el diseño de una propuesta de adecuación.
- La continuidad del trabajo.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se presenta un resumen de la base teórica necesaria para desarrollar el proyecto, información que a su vez, sirve como unidad informativa para guiar al lector a lo largo del trabajo, abarcando aspectos relacionados con los desechos o materiales recuperables peligrosos, la normativa legal vinculada al manejo de los mismos y ciertas generalidades de las Baterías de Plomo-ácido.

### **II.1. DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS**

Los peligros en el ambiente pueden tener su origen en sucesos naturales como crecidas y huracanes, en perturbaciones ambientales causadas por el hombre como la acumulación de dióxido de carbono y la lluvia ácida, y por último, y no por ello menos importante, en el tratamiento y eliminación incorrectos de los desechos que se generan en una sociedad industrializada.

De acuerdo con el Artículo 3 de las “Normas Venezolanas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98):

- Un desecho es un material, sustancia, solución, mezcla u objeto para los cuales no se prevé un destino inmediato y debe ser eliminado o dispuesto en forma permanente.
- Un desecho peligroso es aquel desecho en cualquier estado físico sólido, líquido o gaseoso que presenta características peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas y que no conserva propiedades

físicas ni químicas útiles y por lo tanto no puede ser reutilizado, reciclado, regenerado u otro diferente.

- Un material peligroso recuperable es un material que reviste características peligrosas, que después de servir a un propósito específico, todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles y por lo tanto puede ser reutilizado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente.

Un desecho o material recuperable peligroso puede ser dañino para la salud de todo ser vivo o para el ambiente, requiere de precauciones especiales para su almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento o eliminación y, a causa de su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas puede:

- Causar o contribuir de manera significativa en un aumento de la mortalidad o en un incremento de una enfermedad grave irreversible o reversible que produzca incapacidad.
- Plantear un peligro presente o potencial considerable para la salud humana o el ambiente, cuando se trata, almacena, transporta, elimina o maneja de alguna u otra forma, incorrectamente.

La identificación de un desecho o material recuperable peligroso es un proceso complejo. Una sustancia es considerada peligrosa si muestra una o más de las siguientes características:

- Es inflamable: la sustancia causa o aviva fuegos.
- Es reactiva: la sustancia reacciona con otras y puede explotar.
- Es corrosiva: la sustancia destruye tejidos o metales.
- Es tóxica: la sustancia es un peligro para la salud, el agua, el suelo, los alimentos y el aire.
- Es patológica: la sustancia puede causar enfermedades.

Según el Artículo 5 de las “Normas Venezolanas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), se considera que todo material o desecho que presente características peligrosas, figure en el Anexo C de dicho decreto, indicadas con una X en concentración igual o superior a 50 ppm, o cualquiera de las demás sustancias presentes en el mismo anexo en concentración igual o superior a 1.000 ppm, es peligroso (ver Apéndice A).

### **II.1.1. RAÍCES HISTÓRICAS DEL MANEJO DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS**

Durante los primeros años de la década de los ochenta, los desechos o materiales peligrosos se convirtieron en el principal problema ambiental de la sociedad y han adquirido tanta importancia debido al potencial que poseen para provocar reacciones tóxicas en el ser humano. Es esta preocupación, no temor, unida a la falta de perspectiva, la negligencia, la desconfianza y la política, lo que explica por qué el problema de los desechos o materiales peligrosos preocupa más que otros asuntos de índole ambiental.

Este problema no es reciente, la contaminación ambiental debida a sustancias tóxicas provenientes de desechos o de otros orígenes, posee una larga historia. Muchos acaudalados romanos sufrieron envenenamientos por ingestión de plomo hace ya dos (2) milenios, y es probable que el declive del imperio romano fuese debido, al menos en parte, a una psicosis originada entre los emperadores, por causa del plomo. No obstante, la raíz fundamental de este problema, tal como se conoce hoy día (2.001), se encuentra en el rápido desarrollo del progreso tecnológico que tuvo sus inicios durante la Revolución Industrial. El comienzo de esta revolución

aceleró el progreso en muchos campos. Los avances en las ciencias médicas y en la salud pública redujeron las tasas de mortalidad, facilitando un incremento espectacular de la población humana. Al mismo tiempo, el consumo individual creció en forma acelerada a medida que la producción industrial, la extracción de recursos y la agricultura intensiva, proporcionaban un mayor número de bienes de consumo. Paralelamente, en compañía de estos bienes, llegaron las sustancias tóxicas, a veces formando parte de estos mismos bienes al ser convertidos en desechos, y otras veces proviniendo de los desechos generados durante su fabricación.

Hasta hace poco tiempo las políticas gubernamentales no le daban especial atención a los desechos y apenas se tomaban algunas medidas. Lo usual era desprenderse del desecho y confiar en la aparente inagotabilidad de las posibilidades naturales de recuperación del medio ambiente.

En un principio no se conocían las consecuencias de los desechos y los desperdicios de la sociedad tecnológica sobre el medio ambiente y la salud. Fueron necesarios varios años, incluso décadas, para comprobar las distintas manifestaciones de sus efectos crónicos que, en algunos casos, no eran fácilmente reconocibles debido a que todas las personas estaban expuestas a la acción de varios compuestos químicos a la vez. Todo esto cambió cuando se desarrollaron ciencias tales como la epidemiología, la toxicología y la química analítica, que posibilitaron el reconocimiento, por parte de los investigadores de relaciones, previamente ignoradas, sobre los efectos a largo plazo de los compuestos químicos tóxicos. Tiempo después ocurrieron varios casos que fueron aclarando la peligrosidad que corrían los seres humanos, produciéndose una rápida concienciación en el mundo que provocó un aumento de la preocupación popular, el surgimiento de movimientos

ambientales y, en consecuencia, la promulgación de una nueva legislación que indica el tratamiento que deben recibir los desechos tóxicos.

### **II.1.2. GESTIÓN INTEGRAL DEL MANEJO DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS**

El objetivo de la administración de los desechos o materiales recuperables peligrosos es controlar, recolectar, procesar, utilizar y/o eliminarlos de la manera más económica, congruente con la protección de la salud pública y los deseos de las personas a quienes el sistema presta un servicio. Este tipo de desechos o materiales recuperables debe manejarse de tal forma que se logre un uso óptimo de los recursos naturales y se produzca una contaminación mínima, ya que la gestión inadecuada de los mismos puede causar efectos negativos directos en la salud de los seres vivos y el ambiente.

Lo prioritario en una política de gestión de desechos o materiales recuperables peligrosos es la reducción de la cantidad de los mismos por medio de cambios en su proceso de generación. Después de esto, es indispensable que se lleve el control de los desechos o materiales recuperables peligrosos restantes, desde su origen hasta su tratamiento y/o disposición final.

Por otra parte, es esencial que la dirección de la empresa esté comprometida con la idea de un programa de minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos, e involucre al resto de la organización, de tal forma que el mismo pueda tener éxito. Esto se logra haciendo que la alta gerencia esté convencida de que los beneficios del programa pueden reducir los costos y mejorar su actuación ambiental.

Las limitaciones en la capacidad de recuperación del ecosistema han sido reconocidas desde aproximadamente 1.960, por lo cual, la mejor solución posible al problema de los desechos o materiales recuperables peligrosos ha sido su minimización.

La minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos es la reducción de la cantidad generada en origen. Todo sistema, cuyos procesos generan desechos o materiales recuperables peligrosos, debería por lo tanto, preocuparse sobretodo por reducir las cantidades producidas, lo cual eliminaría, en gran medida, la necesidad de tratarlos y/o eliminarlos. En muchos casos se pueden llevar a cabo buenas prácticas operativas para lograr una disminución sustancial de este tipo de desechos o materiales recuperables.

Así pues, la minimización, también llamada Tecnología Limpia, se basa en la idea de que el énfasis debe estar puesto en la generación más limitada de desechos o materiales recuperables peligrosos, en el gasto de menos materia prima y de menos energía. Por lo tanto, una definición simple pero satisfactoria de lo que es la tecnología limpia es la siguiente: cualquier tecnología o proceso que usa menos materia prima y/o menos energía, y/o genera menos desechos o materiales recuperables peligrosos que una tecnología o proceso ya existente.

#### **❖ ELEMENTOS DE LA ESTRATEGIA DE MINIMIZACIÓN DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS**

La jerarquía de prácticas para el manejo de los desechos o materiales recuperables peligrosos que debe seguirse, en orden de prioridad, es la siguiente:

- **Elaboración de un Inventario.** La compilación de una lista detallada de todas las fuentes de desechos o materiales recuperables peligrosos, las características de los mismos y las cantidades que se generan de cada uno de ellos, es el primer paso en un plan de manejo. Esto asegura que se tomen en cuenta todos los desechos o materiales recuperables peligrosos y que se documenten debidamente. El inventario debe estar completo antes de poner en práctica los componentes restantes del sistema.
- **Reducción en la Fuente.** La reducción en la fuente es la vía más efectiva para la minimización de los desechos o materiales recuperables peligrosos, y la única que puede ser considerada en primer lugar. Las medidas de reducción en la fuente incluyen:
  - Modificaciones del proceso mediante el cual se genera el desecho o material recuperable peligroso.
  - Incrementos en la eficiencia de los equipos empleados en los procesos de los cuales se generan los desechos o materiales recuperables peligrosos, y cambios en las prácticas de mantenimiento de los mismos.
  - Reciclaje (dentro del proceso) de los materiales recuperables peligrosos generados.
- **Transporte y Almacenamiento.** Los desechos o materiales recuperables peligrosos deben ser recolectados y transportados a su lugar de almacenamiento temporal por transportistas autorizados y vehículos que cumplan con la normativa vigente. En cuanto al almacenamiento, las industrias necesitan espacios o depósitos locales especiales para guardar sus desechos o materiales recuperables peligrosos temporalmente. Una vez que se decide el destino final de estos desechos o materiales, los mismos deben ser nuevamente recolectados y transportados a intervalos

regulares hasta el sitio donde se vayan a reciclar (en caso de tratarse de un material recuperable peligroso), o a eliminar (en caso de tratarse de un desecho peligroso).

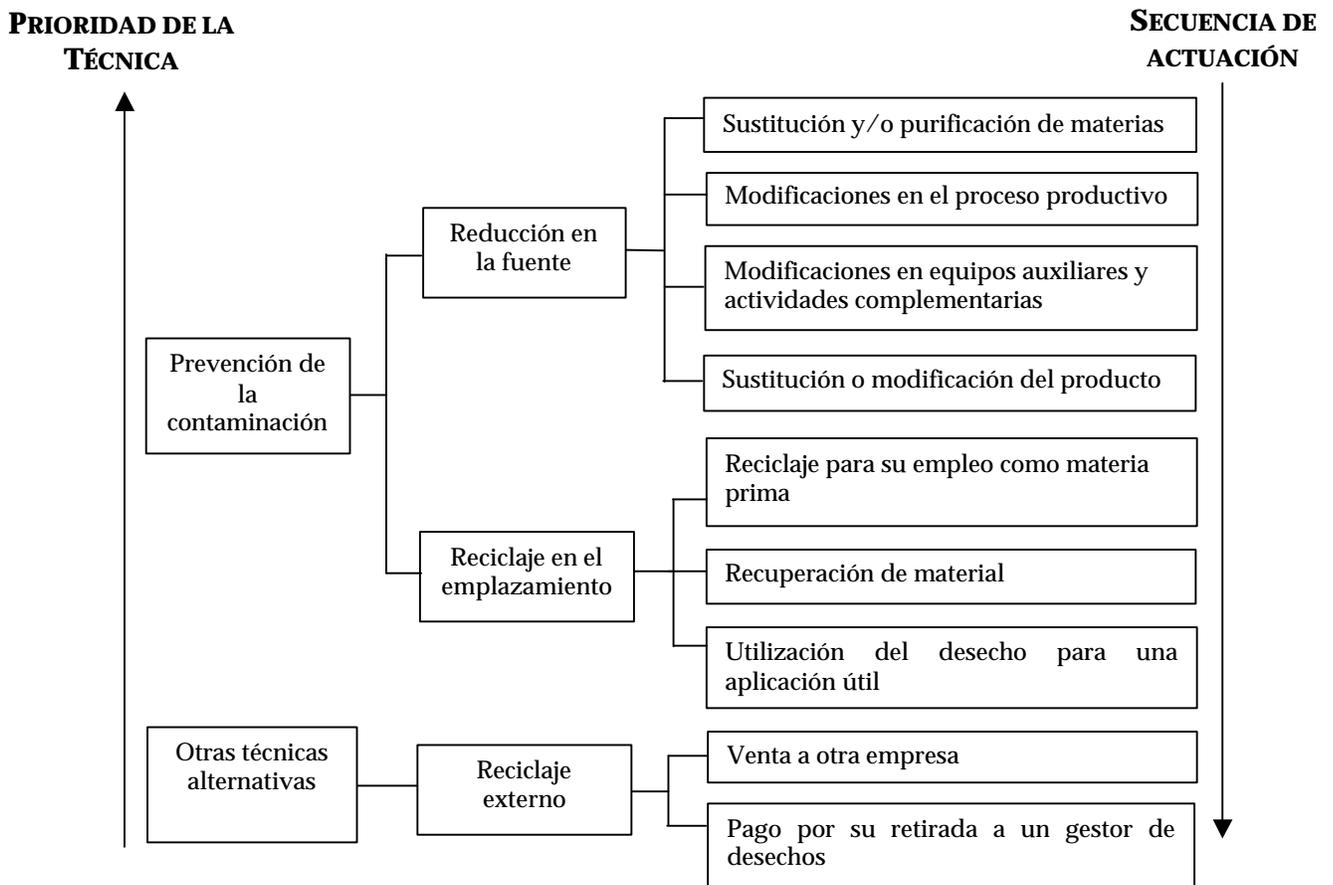
- **Reciclaje o Reutilización.** Es la recuperación de aquellos materiales que puedan ser vueltos a emplear o que puedan ser reciclados por la misma empresa o por otra. Esto incluye:
  - Recuperación de fracciones útiles de constituyentes dentro de un material de desecho peligroso.
  - Eliminación de contaminantes de los desechos peligrosos, convirtiéndolos en materiales aptos para su reutilización.

El reciclaje de materiales recuperables peligrosos tiene como objetivo principal recuperar la energía o los recursos materiales de los mismos, convertirlos en no peligrosos, menos peligrosos, seguros de manejar, fáciles de recuperar, que se puedan almacenar, o de poco volumen, y recuperar, reutilizar o intercambiarlos con otras compañías.

- **Tratamiento y Eliminación.** Los desechos peligrosos, como ya no son útiles de ninguna forma, se llevan directamente hasta un centro aprobado de tratamiento especial, donde se deben realizar todos los esfuerzos necesarios para reducir su cantidad y toxicidad, para luego poder ser eliminados en forma segura y definitiva. La disposición final de los desechos peligrosos es la operación que permite el retiro de un bien o material no útil, y además peligroso, de las instalaciones productivas o de servicio, a un sitio donde se mantienen minimizadas las posibilidades de migración o retorno de los componentes al ambiente, en forma permanente, de conformidad con las normas establecidas. Esta disposición final debe ser realizada en vertederos seguros diseñados de acuerdo con normas establecidas.

El Diagrama N° 1 ilustra gráficamente el orden de prioridad que debe llevarse en un proceso de minimización de una determinada empresa.

**Diagrama N° 1. Resumen de las Técnicas de Minimización según su Orden de Prioridad.**



**Fuente:** Manual MEDIA, Ministerio de Industria y Energía de España con la colaboración de la empresa Haskoning S.A., 1.995.

### ❖ **RAZONES POR LAS CUALES DEBERÍA UTILIZARSE LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS**

Las tecnologías limpias deberían adoptarse por un interés propio inteligente. Muchas empresas no se dan cuenta de que la minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos, va en su propio interés y que el fin de la misma es establecer una tendencia descendente a largo plazo en la cantidad de desechos o materiales recuperables peligrosos generados.

Los factores que hacen que una empresa deba adoptar iniciativas para la minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos son numerosos y complejos, siendo los tres (3) fundamentales:

- ❑ **Factores Económicos.** Desecho, por definición, significa ineficiencia. La ineficiencia cuesta dinero, por lo cual la reducción de desechos o materiales recuperables peligrosos bien manejada, genera oportunidades para mejorar las ganancias. Además, la minimización introduce mejoras en la economía del proceso y reduce los costos de tratamiento y eliminación.
- ❑ **Factores Legislativos.** Los altos costos para el tratamiento y la eliminación, junto con una legislación ambiental siempre más estricta, demuestran que la única manera de obtener beneficios económicos es mediante la reducción en la fuente de la cantidad de desechos o materiales recuperables peligrosos generados. Adicionalmente, la aplicación de la tecnología limpia en un determinado proceso industrial reduce la responsabilidad ambiental y los riesgos de multas por infracción.
- ❑ **Factores de Respuesta a la Comunidad.** En muchos casos es posible que el comportamiento de un determinado cliente se guíe por la actuación

ambiental de una determinada empresa. La adopción de programas para la minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos es una manera de demostrar al entorno y a la comunidad, los compromisos de la empresa, lo cual se traduce directamente en un aumento de la satisfacción pública y de sus empleados.

**❖ RAZONES POR LAS CUALES LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS NO SE UTILIZA CON MAYOR AMPLITUD**

Algunos de los no incentivos para la adopción de tecnologías limpias son los siguientes:

- ❑ La falta de apreciación por parte de las empresas generadoras de desechos o materiales recuperables peligrosos, de los beneficios económicos que la aplicación de esta tecnología podría traerles.
- ❑ La prioridad que las empresas le dan a sus procesos de producción debido a la alta competitividad del mercado, descuidando otras áreas importantes.
- ❑ La información incompleta acerca de las fuentes exactas y de las cantidades de desechos o materiales recuperables peligrosos generados.
- ❑ La dificultad de combinar el gasto de recursos en el cumplimiento de las normas y en la reducción de desechos o materiales recuperables peligrosos.

## **II.2. ASPECTOS LEGALES VINCULADOS AL MANEJO DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES PELIGROSOS**

El ser humano, desde que comienza a actuar en relación con sus semejantes debe hacer concordar su conducta con ciertas reglas de obligatorio cumplimiento que empieza a conocer desde muy temprano, y que sabe que de transgredirlas se expondría a sufrir las consecuencias de la sanción. Estas reglas son la expresión de un ordenamiento social cuyo conjunto es el Derecho.

Las normas venezolanas sobre el manejo de desechos y materiales recuperables peligrosos, usadas como base para la realización del presente documento, por ser aplicables al manejo de las Baterías de Plomo-ácido como material recuperable peligroso, son las siguientes:

- “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98).
- Norma Venezolana COVENIN 2.670 “Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencia a Incidentes o Accidentes”.

Ambas normas se describen brevemente a continuación. En el Apéndice A se encuentra el texto completo de la primera y en el Apéndice B se incluye una copia de las Guías (29 y 60) de Respuestas de Emergencias para los materiales peligrosos involucrados, tomadas de la Norma COVENIN 2.670.

## **II.2.1. NORMAS PARA EL CONTROL DE LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS Y EL MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS (DECRETO N° 2.635, GACETA OFICIAL N° 5.245 EXTRAORDINARIO DEL 03-08-98)**

A partir de mediados de la década de 1.970 empezaron a surgir leyes para el control de los desechos o materiales recuperables peligrosos, con el objetivo de regular su manejo adecuado. En Venezuela, en el año 1.987 fue publicado en Gaceta Oficial, el Decreto N° 1.800 sobre las “Normas para el Control de la Generación y Manejo de Desechos Tóxicos o Peligrosos”, y al año siguiente, el “Instructivo sobre Criterios Técnicos y Procedimientos”, dictado en concordancia con lo establecido en dichas normas, como guía de obligatorio cumplimiento para los responsables de actividades que impliquen la generación y manejo de tales desechos. Cabe destacar que estas normas, con el tiempo, han sido modificadas para responder a nuevas situaciones y realidades surgidas en las últimas décadas, llegando a las que hoy se conocen como “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98). A continuación se hace referencia a algunos de sus artículos que se relacionan con el trabajo en estudio.

Los Artículos 1 y 2 de estas normas señalan que las mismas tienen por objeto regular la recuperación de materiales y el manejo de desechos, cuando los mismos presentan características, composición o condiciones peligrosas representando una fuente de riesgo a la salud y al ambiente, y además especifican que queda sujeta a la aplicación de ellas, toda persona natural o jurídica, pública o privada, que genere o maneje desechos o materiales recuperables peligrosos que no sean radiactivos.

Según el Artículo 3, se entiende por:

- Generadores de desechos o materiales recuperables peligrosos, toda persona natural o jurídica que desarrolla una actividad que genera desechos o materiales recuperables peligrosos.
- Manejadores de desechos o materiales recuperables peligrosos, toda persona natural o jurídica autorizada para realizar cualquiera de las operaciones y actividades comprendidas en el manejo de desechos o materiales recuperables peligrosos (almacenamiento, envasado, transporte, tratamiento, eliminación y/o disposición final).

En el Artículo 8 se especifica que los desechos y materiales recuperables peligrosos presentan diferentes niveles de riesgo, atendiendo a sus características y condiciones peligrosas. De acuerdo con esto, existen cinco (5) clases de peligrosidad creciente, las cuales deben ser identificadas y evaluadas para definir las medidas de seguridad, los planes de contingencia y la contratación de pólizas de seguros contra daños a terceros y daños ambientales. Estas clases de riesgo son:

- Clase 1. Se aplica a compuestos en estado sólido, poco solubles, no inflamables, reactivos, ni corrosivos, que aunque contienen elementos que pueden ser perjudiciales al ambiente, los mismos no se liberan en forma inmediata; si se dispersan sobre el suelo, pueden ser recolectados con utensilios manuales o mecánicos sin exigir equipos de protección completa del trabajador.
- Clase 2. Materiales y desechos semisólidos o líquidos hidrosolubles, no inflamables, reactivos, ni corrosivos, con elementos tóxicos en concentraciones que no pueden causar un envenenamiento masivo ni perdurable en el ambiente; no son irritantes ni tóxicos por inhalación; su

riesgo mayor está relacionado con su condición fluida que dificulta su recuperación en caso de derrame.

- Clase 3. Sólidos o líquidos, combustibles o inflamables sólo en presencia de llama, pueden tener ciertas características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren para su manejo equipos de protección total; tienen potencial de dispersión limitado, cantidad transportada que no exceda de 3 toneladas, ni de 25 metros cúbicos, con un daño esperado moderado, en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente.
- Clase 4. Sólidos o líquidos, explosivos o inflamables sin presencia de llama, corrosivos, reactivos o tóxicos; con efectos potenciales peligrosos y perdurables en las personas o el ambiente, pero en razón a las cantidades transportadas no es factible que ocurran situaciones de destrucción ni contaminación alejadas del lugar del accidente; hay posibilidades técnicas de controlar la diseminación del agente o detener su efecto.
- Clase 5. Sólidos, líquidos o gases que pueden producir reacciones explosivas, o ser fácilmente inflamables, muy reactivos, corrosivos, desprenden gases y vapores tóxicos, tienen alto potencial de diseminación, efectos letales a las personas y al ambiente, pueden causar destrucción o contaminación a decenas de metros del accidente.

A efectos de estas normas, de acuerdo con al Artículo 3, se entiende por:

- Análisis de riesgo: la identificación y evaluación sistemática de la probabilidad de ocurrencia de una situación adversa a la salud o al ambiente, como consecuencia de la exposición a un agente (material o desecho peligroso).
- Peligro: Fuente u origen de un riesgo a la salud o al ambiente; amenaza que puede causar un accidente con consecuencias a la salud o al ambiente.

Según el artículo 7, algunas de las condiciones peligrosas que pueden incrementar el riesgo de manejo de los desechos y materiales recuperables peligrosos son las siguientes:

- ❑ Estado físico, composición, contenedor y características peligrosas del material, que permitan inferir el alcance de los daños, si tiene lugar una explosión, derrame, fuga o emisión de gases, humos y vapores.
- ❑ Cantidades acumuladas, forma de envasado y condiciones del sitio donde se encuentran.
- ❑ Potencial de propagación del agente peligroso o de las consecuencias del accidente.
- ❑ Si se trata de líquidos, persistencia del contaminante en el medio acuático o terrestre, solubilidad, efectos conocidos sobre la biota y acumulación en la cadena trófica.
- ❑ Frecuencia de movilización o acarreo del producto, dentro y fuera del área de generación, acceso de extraños al área de almacenamiento, traslado por rutas de alto tráfico y a través de largas distancias.

Todo generador y manejador de desechos y materiales recuperables peligrosos, según el Artículo 19 debe conocer las características peligrosas que presentan los mismos para establecer las medidas de prevención y de respuestas acordes, entrenando al personal que está en contacto con dichos materiales para el cumplimiento de las acciones que debe seguir en caso de accidentes.

Con relación a las cantidades generadas, las normas, en su Artículo 42 señalan que los generadores de desechos o materiales recuperables peligrosos se clasifican en tres (3) categorías:

- ❑ Grandes generadores. Son los que generan a partir de 1 tonelada por mes, o 10 toneladas al año de desechos o materiales recuperables peligrosos

que ofrezcan riesgo inferiores a los de clase 4 o que contengan hasta 0,1% de cualquiera de las sustancias indicadas en el Anexo C (ver Apéndice A). En esta categoría entran también los que generan a partir de 10 kilogramos por mes o 100 kilogramos o más al año de desechos o materiales recuperables peligrosos que presenten riesgos de clase 4 o 5, o contengan más de 0,1% de cualquiera de las sustancias del referido anexo.

- Pequeños generadores. Son aquellos cuya generación mensual o anual de desechos o materiales recuperables peligrosos no llega a las cantidades definidas para grandes generadores.
- Generadores eventuales. Son aquellos cuyos desechos o materiales recuperables peligrosos no proceden de ningún proceso productivo ni de materiales almacenados o consumidos en el proceso, sino que se originan de las operaciones de mantenimiento o de reemplazo de equipos; su generación no es sistemática y está condicionada a la ocurrencia de las operaciones referidas.

Tal como se señala en el Artículo 21, los generadores de desechos o materiales recuperables peligrosos y las empresas reguladoras deben estar inscritos en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, quien llevará un control administrativo de los mismos. Además, este Ministerio, según el Artículo 149 practicará las visitas, inspecciones y comprobaciones que sean necesarias para verificar el adecuado cumplimiento de todas las disposiciones de este decreto.

#### **❖ CONTROL DE LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS**

Como parte integral del Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98, se encuentran especificaciones especiales para el

manejo de los materiales recuperables, en su Título II, “De los Materiales Peligrosos Recuperables”.

La recuperación de los materiales peligrosos, según el artículo 9, tendrá como objetivo fundamental su reutilización, reciclaje, regeneración o reaprovechamiento a escala industrial o comercial, con el propósito de alargar su vida útil, minimizar su generación y propiciar las actividades económicas que los empleen en sus procesos. Esta recuperación, según el Artículo 11 sólo podrá llevarse a cabo si:

- El producto resultante reúne las condiciones sanitarias de seguridad y calidad exigidos por los usuarios directos o por las normas de fabricación existentes.
- El proceso se realiza en concordancia con las regulaciones ambientales.
- El proceso cumple con las demás regulaciones establecidas para materiales, controlados por motivos de seguridad, defensa y usos restringidos.

De acuerdo con el Artículo 14, todo material peligroso que no pueda ser objeto de recuperación se considera un desecho peligroso y su manejo estará sujeto a las condiciones establecidas para desechos peligrosos, cuya regulación se describe en el Título III, “De los Desechos Peligrosos” del decreto en cuestión.

Además, el Artículo 15 señala que todo material recuperable peligroso que al cabo de tres (3) años de generación no haya sido objeto de ningún procedimiento para reutilizarlo, reciclarlo o aprovecharlo, será manejado como un desecho peligroso.

En el Artículo 16 se describen las condiciones con las que debe cumplir el almacenamiento de los materiales recuperables peligrosos. Ellas se resumen en:

- El área destinada al almacenamiento de los materiales y el diseño y construcción de dichas instalaciones debe reunir las características y la capacidad acorde con el tipo de material a almacenar, su clase de riesgo, las condiciones peligrosas presentes, la cantidad a almacenar y el tiempo que permanecerá almacenado.
- El almacenamiento de estos materiales debe estar separado del almacenamiento de desechos y de otros materiales incompatibles, de acuerdo con las condiciones de incompatibilidad contenidas en el anexo E, que forma parte integrante del decreto en cuestión (ver Apéndice A).
- El material debe mantenerse protegido de la intemperie, para que no sea factible su arrastre por el viento, ni el lavado con la lluvia.
- Si el material presenta riesgo de clase 3 en adelante, el área de almacenamiento estará provista de las medidas de seguridad necesarias para este tipo de riesgos y deberá contar con los equipos de protección para el personal que maneje dichos materiales.
- El área de almacenamiento debe estar demarcada e identificada, con acceso restringido sólo a las personas autorizadas, indicando con los símbolos correspondientes, el peligro que presentan dichos materiales, de acuerdo a la Norma COVENIN 2.670 “Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencias a Incidentes o Accidentes”.
- El piso donde se almacenen materiales que contengan líquidos debe ser impermeable, cubierto con un material no poroso que permita recoger o lavar cualquier vertido, sin peligro de infiltración en el suelo.

Con relación al transporte de materiales recuperables peligrosos, el Artículo 20 señala que éste se llevará a cabo cumpliendo con las siguientes medidas:

- El transporte dentro de la industria generadora o recuperadora podrá ser realizado con los equipos y vehículos de la misma empresa, adecuados para transportar el tipo de material de que se trate, cumpliendo con las medidas de seguridad y vigilando que durante el transporte no se produzca contaminación al ambiente por fugas, derrames o accidentes, ni daños a la salud.
- El transporte fuera de la industria se podrá realizar utilizando los vehículos de la empresa, si son adecuados para el tipo de material a transportar y cumplen con las medidas de seguridad, vigilando que no se produzcan fugas, derrames, pérdidas ni incidentes o accidentes que puedan liberar la carga, contaminar el ambiente y causar daños a la salud.
- La movilización de materiales recuperables peligrosos que presenten riesgos de clase 3 en adelante, se llevará a cabo cumpliendo con las mismas normas de seguridad establecidas para el transporte terrestre, almacenamiento e instalación de sistemas de combustibles.
- No se podrán transportar materiales recuperables peligrosos en vehículos de empresas dedicados al transporte de pasajeros, alimentos, animales, agua potable u otros bienes de consumo que puedan contaminarse con los materiales peligrosos. Tampoco se podrán trasladar simultáneamente en el mismo vehículo materiales recuperables peligrosos incompatibles de acuerdo con lo establecido en el Anexo E referido con anterioridad.
- El transporte de materiales recuperables peligrosos que presenten riesgos de clase 1 y 2 podrá realizarse por transportistas no especializados en la materia.
- El transporte de materiales recuperables peligrosos que presenten riesgos de clase 3 en adelante deberá realizarse por empresas especializadas en el

manejo de materiales inflamables, explosivos, sustancias químicas peligrosas u otros materiales de riesgos similares, y contar con una póliza de seguro de amplia cobertura que cubra los daños a terceros y los daños al ambiente.

- Los transportistas que movilicen materiales recuperables fuera del área de la industria, deberán portar entre sus documentos, la póliza de seguro y el registro ante el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, según el tipo de material a transportar y el procedimiento y los equipos necesarios para atender una contingencia. Así mismo, deberán portar los documentos exigidos por otros organismos del Estado, cuando los materiales transportados estén controlados por motivos de seguridad, defensa u otros usos restringidos.

En el Artículo 21 se indica que las empresas recuperadoras de materiales peligrosos deberán estar inscritos en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales como actividad susceptible de degradar el ambiente, presentando la información requerida por el mismo. Para ello, el Artículo 24 dice que las empresas generadoras, transportistas y recuperadoras de materiales recuperables peligrosos deberán mantener en archivo copias de las planillas de seguimiento, con toda la información relativa a los materiales recuperables que han sido procesados, indicando la identificación del material, cantidad, origen, destino, y fechas de ingreso y de salida del mismo. Esta información podrá ser revisada por los organismos competentes en funciones de vigilancia y control ambiental y sanitario, cuando se estime conveniente.

De acuerdo con el Artículo 26, los materiales recuperables peligrosos podrán ser objeto de comercialización para procesamiento posterior, cumpliendo con las condiciones establecidas para el manejo y para los recuperadores.

Debido a que las Baterías de Plomo-ácido, como se verá más adelante en el Capítulo VI, pueden ser objeto de recuperación, y a su vez, contienen sustancias peligrosas, las mismas serán consideradas como materiales peligrosos recuperables en lugar de desechos peligrosos, razón por la cual, no se hará referencia a las especificaciones para el Control del Manejo de los Desechos Peligrosos, que forman parte integral de este Decreto.

### **II.2.2. NORMA VENEZOLANA COVENIN 2.670 “MATERIALES PELIGROSOS. GUÍA DE RESPUESTAS DE EMERGENCIA A INCIDENTES O ACCIDENTES”**

Esta norma establece las acciones primarias que se deben tomar al ocurrir un incidente en el cual estén involucrados desechos o materiales recuperables peligrosos. Es aplicable tanto a incidentes ocurridos en vías terrestres como en instalaciones industriales. Las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98) especifican en su Título V sobre las “Disposiciones Finales”, que la determinación de la clase de riesgo que presente un material deberá ser realizado por un especialista en la materia, con base en la Norma Venezolana COVENIN 2.670 “Materiales peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencia a Incidentes o Accidentes”. En los listados de esta norma (ver Apéndice B) aparecen materiales y sustancias como el ácido sulfúrico y las baterías eléctricas llenas con ácido, húmedas, especificando:

- Los riesgos de incendio o explosión.
- Los riesgos a la salud.

E indicando:

- Las acciones de emergencia en caso de incendios, derrames o filtraciones.
- Los primeros auxilios que se requieren en caso de incidentes.

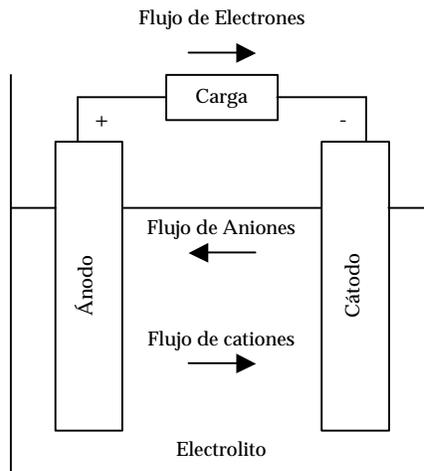
### **II.3. BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO**

Una batería es un dispositivo electroquímico con capacidad para convertir la energía química en energía eléctrica. Está compuesta por compartimentos individuales, también llamadas celdas, conectadas en serie, de manera que sus voltajes individuales se suman. El tamaño, diseño interno y materiales empleados, controlan la cantidad de energía disponible en cada una de las celdas que la constituyen. A su vez, la batería está formada por un ánodo (electrodo positivo), un cátodo (electrodo negativo) y un electrolito (solución líquida a través de la cual puede viajar una corriente eléctrica).

Las Baterías de Plomo-ácido están formadas por un grupo de celdas que contienen como electrolito una mezcla de ácido sulfúrico y agua que cubre las placas verticales, tanto positivas como negativas, cada una de las cuales está compuesta por un tipo de plomo distinto, factor que las define como placas anódicas o placas catódicas. La acción química entre el ácido y estos dos tipos de plomo es la que genera la energía eléctrica de las baterías.

La Figura N° 1, muestra esquemáticamente la operación electrolítica de una celda en una batería.

**Figura N° 1. Operación Electrolítica de una Celda en una Batería**



**Fuente:** Manual Mc Graw-Hill de Reciclaje, F. Lund, H, 1996.

### **II.3.1. PARTES CONSTITUYENTES DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO**

Las Baterías de Plomo-ácido están constituidas por las partes que se describen detalladamente a continuación.

#### **❖ RECIPIENTE**

El recipiente es la cavidad que contiene en su interior el conjunto de placas, demás accesorios de las mismas y el electrolito, y debe estar hecho de un material que reúna las siguientes características:

- ❑ Condiciones de resistencia mecánica apropiadas para poder soportar el considerable peso de las placas de plomo.
- ❑ La cualidad de no reaccionar con el ácido sulfúrico ya que éste es un material extraordinariamente corrosivo.

- Poseer inmejorables condiciones como aislante ya que, como el objeto de almacenamiento de la batería es la electricidad, en caso de la existencia de contactos débiles, su rendimiento se vería disminuido de manera considerable, o si llegara a producirse un cortocircuito, todo el conjunto se vería inutilizado rápidamente.

El material ideal para cumplir con todas estas condiciones es la bakelita, ya que posee una buena resistencia mecánica, tiene poco peso, es inalterable ante el ácido sulfúrico y presenta una alta resistencia eléctrica. Para baterías estacionarias se usa con mucha frecuencia el vidrio, que tiene las ventajas de que es un material menos costoso que el anterior, a través del cual pueden verse las placas y el electrolito, lo cual facilita un mejor control de sus niveles, así como de las impurezas que se van acumulando en el fondo del recipiente.

#### ❖ **PLACAS (POSITIVAS Y NEGATIVAS)**

Las placas son uno de los elementos más importantes de la batería. El objeto de las placas consiste en aprisionar, sobre múltiples agujeros de que se compone su plomo, la materia activa que se producirá al transformarse la energía química en energía eléctrica.

Existen varios tipos de placas:

- La placa plana, que se emplea en baterías estacionarias y consta de placas empataadas a rejillas de antimonio o calcio. La aleación de antimonio contribuye a disminuir el desgaste de la placa positiva, reduciendo también los requerimientos de corriente de carga, mientras que la aleación de calcio reduce la necesidad de estabilización del nivel del electrolito de las celdas de la batería.

- La placa tubular, que consta de una serie de placas positivas, multitubulares con rejillas de aleación de antimonio. Este tipo de placas permite un suministro ininterrumpido de energía, mucho mayor que el de cualquier otro tipo de Batería de Plomo-ácido. Para obtener un mayor rendimiento y vida útil de este tipo de baterías, las mismas se deben emplear en lugares donde las demandas energéticas por parte de las cargas, les exigen períodos de carga moderada.
- La placa planté, la cual está constituida por plomo pesado, puro o rosetas manchex, en marcos de aleación de antimonio. Este tipo de placas deben ser conectadas en forma precisa para obtener un mayor aprovechamiento de su capacidad.

#### **❖ SEPARADORES**

Con el fin de evitar el contacto entre las placas que forman parte de una batería, lo cual produce cortocircuitos, se debe colocar entre placa y placa, finas láminas que generalmente son de madera de cedro o tiras de goma colocadas sobre una superficie de algodón o de otros materiales que reúnan la ventaja de tener poco peso, gran resistencia y ser inatacables por el ácido sulfúrico del electrolito; a estas láminas se les denomina separadores. De este modo se consigue aproximar hasta el máximo las placas de diferentes signos, lo cual reduce las dimensiones de la batería y evita el peligro de los cortocircuitos que fácilmente se producirían si no se emplearan los separadores. Es importante destacar que los mismos están sujetos al desgaste y al deterioro, razón por la cual cuando se desmonta una batería es indispensable evaluar su estado. Si conservan su color natural es señal de que se encuentran en buenas condiciones para cumplir con la misión que les corresponde. Si por el contrario, su color ha sufrido un oscurecimiento,

pudiendo llegar al color negro, es señal de que el estado del separador no es el correcto. En cualquier caso, cuando los separadores no ofrezcan una seguridad absoluta de que pueden desempeñar su función correctamente, es necesario sustituirlos por otros en buen estado.

### ❖ **ELECTROLITO**

El electrolito es otro de los elementos claves para el buen funcionamiento de la batería, por lo cual la mezcla de ácido sulfúrico y agua debe ser efectuada tomando una serie de precauciones, y sus cantidades no deben exceder a las de las cantidades límites establecidas. A pesar del calor que se genera en el interior de la batería, cuando se produce la carga de la misma, el ácido sulfúrico nunca se evapora, sin embargo con el agua no sucede lo mismo. Es por esta razón que con el uso de la batería, el nivel de la solución electrolítica va disminuyendo y se hace necesario añadir agua destilada en la cantidad faltante. Es importante destacar que nunca se debe añadir ácido sulfúrico a la mezcla ya que esto alteraría la densidad del electrolito y con ello, la resistencia eléctrica de la batería, lo cual perjudicaría su rendimiento y su funcionamiento natural.

### ❖ **CONEXIONES**

Entre los conectores presentes en las baterías se encuentran los siguientes:

- La tapa de la batería, que sirve para proteger las placas que se encuentran en el interior del recipiente, del medio exterior. Es indispensable ajustarla herméticamente a la batería para que pueda cumplir con su función. Esta tapa consta de tres (3) agujeros, cada uno de los cuales tiene una misión diferente. El del centro debe ser el de mayor diámetro, debe taparse con

un tapón especial que permitirá que todas las condiciones que son necesarias para el buen funcionamiento de la batería se puedan cumplir debidamente y sirve para alojar el tapón de aireación y poder realizar la verificación del electrolito. Los otros dos (2) agujeros sirven para dejar paso al exterior de la batería a los bornes de la placa; uno servirá para el paso del borne de la placa positiva y el opuesto para el borne de la placa negativa. En cada uno de estos bornes debe colocarse por debajo y por encima una arandela de goma para que se sujeten fuertemente al recipiente de la batería.

- Los conectores, que son piezas encargadas de transportar la electricidad de uno a otro elemento de la batería, deben ajustarse perfectamente al borne de la misma para que el contacto sea muy íntimo, tal como lo requiere la corriente eléctrica. Más específicamente, la misión de los conectores es generar mayores tensiones ya que se encarga de unir en serie los bornes de varias baterías.

### ❖ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Desde el punto de vista químico, las Baterías de Plomo-ácido están compuestas por:

- Placas de plomo.
- Oxígeno e hidrógeno contenidos en el agua y en el ácido sulfúrico.
- Azufre presente en el ácido sulfúrico.

Estos cuerpos químicos simples se combinan y entran a formar parte del conjunto de la batería, y al unirse a otros elementos productos de la circulación de corriente, darán lugar a la formación de compuestos que al

transformarse, efectuarán el proceso de conversión de la energía química, en eléctrica. Estos compuestos son: el plomo esponjoso o plomo puro (placa negativa), el peróxido de plomo (placa positiva), el sulfato de plomo, el ácido sulfúrico y el agua pura.

### **II.3.2. MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS**

La desincorporación de las Baterías de Plomo-ácido se ha convertido en un tema debate cada vez más importante, fundamentalmente porque estos productos contienen metales pesados como el plomo y sustancias corrosivas como el ácido sulfúrico.

Para responder a estas inquietudes, se ha ido incrementado la legislación que controla el manejo y la desincorporación de este tipo de baterías. En este proceso han surgido preguntas claves como: ¿qué es una batería y por qué su desincorporación es tan problemática?, ¿cuál es el impacto sobre el medio ambiente de la desincorporación de las baterías?, ¿cuáles son los mecanismos para separar las baterías de los demás desechos o materiales recuperables? y, ¿qué se puede hacer con las baterías una vez separadas?.

#### **❖ SITUACIÓN DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS EN ESTADOS UNIDOS**

La actitud hacia el reciclaje de las Baterías de Plomo-ácido usadas en Estados Unidos varía significativamente entre los participantes. El consenso entre las partes interesadas: industria, legisladores, municipios, investigadores independientes, consultores y organizaciones no lucrativas, parece centrarse en la idea de que es beneficioso recuperar las Baterías de Plomo-ácido usadas. El Consejo Internacional de Baterías y Pilas (BCI) ha desarrollado una

legislación modélica para ayudar a los países a establecer un programa para la recolección de las Baterías de Plomo-ácido. Igualmente, la Asociación Nacional de Fabricantes de Material Eléctrico (NEMA) y la Alianza para los Productos de Baterías y Pilas (BPA), también han desarrollado una normativa para ayudar a los estados, individualmente, en sus esfuerzos dirigidos hacia el reciclaje de las Baterías de Plomo-ácido.

Las principales provisiones de la legislación del BCI son las siguientes:

- Se prohíbe que cualquier persona disponga Baterías de Plomo-ácido usadas junto con otros desechos sólidos urbanos mezclados.
- Cada batería usada, incorrectamente dispuesta supone un delito sujeto a multa.
- Existe una previsión de devolución, estipulando que cualquier ciudadano que venda Baterías de Plomo-ácido nuevas debe aceptar las usadas y colocar bandos informativos anunciando que las mismas se pueden devolver.

Por lo general, los esfuerzos dirigidos a la recolección y el reciclaje de las Baterías de Plomo-ácido han tenido éxito en Estados Unidos. La mayoría de ellas se recolectan en los talleres mecánicos locales, mientras que otras son obtenidas mediante los programas de recolección de materiales peligrosos recuperables organizados por los gobiernos locales. La motivación principal respecto a la recuperación de estas baterías, en su mayoría, automotrices, radica en las ganancias obtenidas por la venta del plomo.

Según estimaciones de la BPA, se recuperan aproximadamente el 80% de las Baterías de Plomo-ácido usadas en Estados Unidos. Los distribuidores de las baterías las recolectan y después las transportan hasta los centros de

recuperación, donde se separa el plomo y el polipropileno, obteniéndose un desecho tóxico al que se le realiza un tratamiento o disposición especiales. Están en fase de desarrollo una serie de tecnologías mediante las cuales se podrá, además de reciclar el plomo y el polipropileno, recuperar también el ácido sulfúrico, produciéndose un desecho no tóxico.

#### **❖ SITUACIÓN DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS EN VENEZUELA**

En Venezuela, la situación del manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas aún no ha sido sistematizada como en Estados Unidos, ni se ha creado la mentalidad en el ciudadano de entregarlas en algún centro de acopio especial.

Esto no quiere decir que no se ha tomado ninguna medida. Hasta hace un año, en el Relleno Sanitario La Bonanza, se separaban cantidades de Baterías de Plomo-ácido usadas que llegaban en los camiones de basura para luego ser enviadas a empresas recicladoras. Esto ocurrió nada más hasta finales del año 1.999 ya que después de esta fecha no volvieron a llegar.

Además, en Venezuela existen algunas empresas que reciben las Baterías de Plomo-ácido usadas para sus procesos de reciclaje. Tal es el caso de empresas como Acumuladores Duncan C.A., Titan C.A. y Fulgor C.A., en Caracas, y Fundación de Metales C.A. en Carabobo. Estas empresas reciben las baterías y las procesan para obtener lingotes de plomo y/o granulados de plástico (si es que las baterías contienen polipropileno), para luego venderlos a empresas que utilizan este tipo de materiales como materia prima.

Todas estas empresas están registradas en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (del cual reciben visitas periódicas) como manejadores de

materiales recuperables peligrosos, y cumplen con la normativa ambiental aplicable.

Para la elaboración del presente Trabajo de Grado, como se verá en detalle en la sección VI.4. “Reciclaje mediante la Comercialización de las Baterías de Plomo-ácido usadas con Empresas Recicladoras”, se realizó un contacto directo y profundo con dos (2) de estas empresas, Acumuladores Duncan C.A., en Caracas, y Fundición de Metales C.A, en Carabobo, y se pudo conocer cada una de las etapas del proceso de reciclaje (muy similar en ambas empresas) que se les da a las Baterías de Plomo-ácido usadas (especialmente a las que utiliza la C.A. Metro de Caracas, que contienen bakelita en lugar de polipropileno), etapas que se muestran a continuación.

#### ❖ **TRITURACIÓN**

Al llegar, las baterías empaletadas se cargan en un alimentador de baterías con ayuda de un montacargas, que las coloca sobre una cinta transportadora que las envía hacia un molino, que a su vez las muele en pequeños fragmentos que son drenados a través de un tornillo sin fin, localizado en la parte interior del molino. El material trasladado por el tornillo sin fin es vertido en una mesa separadora en funcionamiento, que disgrega los componentes sólidos de plomo, el plástico y el agua acidificada (más barro de plomo).

#### ❖ **PROCESO DEL PLOMO (FUNDICIÓN)**

Los componentes del plomo son separados y desalojados a una zona de almacenamiento a través de un tornillo sin fin. Luego de almacenado, el material de plomo obtenido del proceso de trituración, es tomado al igual que

otros elementos (birutas de hierro, bakelita, entre otros) por un payloader y llevado en proporciones adecuadas a la zona de preparación de carga de horno. En el momento oportuno, esta carga se pone dentro del horno con la ayuda del mismo payloader y el cargador de horno. Luego de terminar el proceso de fusión-reducción, se extraen del horno, el plomo en forma líquida y la escoria derivada del proceso, en forma pastosa-líquida, siendo ésta última almacenada, enfriada, revisada y separada del material de plomo, ya que la misma puede quedar adherida. Posteriormente, la escoria (entre las cuales se encuentra la bakelita) es desechada, mientras que el plomo líquido se vierte en unos moldes para tal fin y se deja enfriar para que solidifique. Una vez solidificado por completo, se extrae del molde, se almacena y, en su momento, se carga en el crisol para que sea fundido, refinado y aliado. El proceso de refinación consiste en una serie de etapas donde se van tomando muestras para su posterior análisis. Una vez que la aleación está dentro de las especificaciones, el plomo del crisol es lingoteado utilizando un sistema de bombeo y enfriamiento. Es importante resaltar que todos los gases generados en el proceso son filtrados con un conjunto de mangas filtrantes.

### ❖ PROCESO DEL ÁCIDO SULFÚRICO

El líquido acidificado (que contiene barro de plomo) es drenado de la mesa separadora a través de una tubería que lo traslada a un tanque subterráneo con agitación que mantiene los sólidos suspendidos. A través de una bomba se envía el líquido acidificado hacia la zona de las centrífugas, donde se separa el material sólido del líquido aproximadamente en un 85% del global. Por último, la fase líquida proveniente de la centrífuga se envía a unos tanques de almacenamiento para su decantación final (proceso que dura aproximadamente 24 horas). El líquido una vez decantado, se procesa en una

planta de tratamiento especial para llevarlo a un pH comprendido entre 6 y 9 (momento en el cual termina la neutralización del ácido), para finalmente reutilizar las aguas residuales o enviarlas a las alcantarillas.

### III. MARCO METODOLÓGICO

A continuación se detalla el tipo de investigación realizada para la elaboración del presente Trabajo de Grado y la metodología empleada.

#### III.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN REALIZADA

El tipo de investigación realizada es:

- **Exploratoria**, ya que se realizó un diagnóstico del manejo de las Baterías de Plomo-ácido en la C.A. Metro de Caracas, mediante el análisis de la información recopilada, la identificación de impactos potenciales a la salud y los recursos naturales, y el orden y la limpieza de las instalaciones de la empresa.
- **Descriptiva**, porque se realizó la explicación y evaluación de las prácticas actuales del manejo de las Baterías de Plomo-ácido.
- **Analítica**, ya que se analizó toda la información que fue recopilada para realizar la proposición de las alternativas de solución.

#### III.2. METODOLOGÍA EMPLEADA

Considerando que las últimas tendencias sobre el manejo de desechos o materiales recuperables peligrosos, otorgan a la minimización, la primera prioridad, se decidió adoptar como metodología a seguir, parte de la establecida en el Manual MEDIA (Minimización Económica del Impacto Ambiental), adaptando su contenido a las características del presente trabajo

y a las de la situación que actualmente (2.000 - 2.001) vive la C.A. Metro de Caracas con los desechos o materiales recuperables peligrosos generados de sus actividades de mantenimiento y que será descrita a lo largo del trabajo.

Este Manual ha sido elaborado por un equipo técnico conformado por el Ministerio de Industria y Energía de España junto a una reconocida Consultora Ambiental Internacional llamada Haskoning, S.A. El mismo presenta como punto de partida la ventaja competitiva que supone la prevención, y en general, la minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos, frente a la corrección, y además pretende, al igual que el presente Trabajo de Grado, que el propio empresario conozca cuál es la calidad de su gestión empresarial desde el punto de vista ambiental y sea capaz de desarrollar e incorporar aquellos cambios tecnológicos necesarios para mejorar dicha gestión.

De esta forma se podría decir que los dos pilares básicos del Manual son:

- Minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos.
- Beneficio económico derivado de esta minimización.

Aplicando esta filosofía, el Manual MEDIA invita a toda empresa a estudiar su proceso productivo desde una nueva perspectiva, teniendo en mente cómo ganar dinero o evitar perderlo, ahorrando materias primas y energía, minimizando los desechos o materiales recuperables peligrosos y protegiendo al medio ambiente.

El Manual MEDIA está compuesto por fichas de trabajo que constituyen una guía que facilita la ejecución de un proyecto de minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos dentro de una empresa. Para la realización del presente Trabajo de Grado estas fichas, debido a que no se adaptan exactamente a lo que se quería de ellas, tuvieron que ser modificadas

acorde con las características del proyecto y del proceso involucrado con la generación de las Baterías de Plomo-ácido usadas en la C.A. Metro de Caracas.

Estas fichas se estructuran por etapas, del siguiente modo:

- **Organización y Compromiso**, donde se concretan los datos generales de la empresa (C.A. Metro de Caracas) y de la instalación afectada (División de Electromecánica), que serán desarrollados en el Capítulo IV, secciones IV.1. “Breve descripción de la C.A. Metro de Caracas” y IV.2. “Breve Descripción de la División de Electromecánica (Parte Afectada)” del presente Trabajo de Grado.
- **Inventario Global**, que supone principalmente la descripción del proceso de generación de las Baterías de Plomo-ácido usadas, donde se especifican las entradas (baterías nuevas) y las salidas (baterías usadas consideradas como desechos o materiales recuperables peligrosos) del proceso auxiliar asociado, y se estiman los problemas que las últimas generan a la empresa. En el presente Trabajo de Grado todos los componentes del inventario global están descritos y ampliados en el resto del Capítulo IV “Resultados” (a partir de la sección IV.3. “Descripción de la Actividad de Generación en la Empresa de las Baterías de Plomo-ácido Usadas”) y en el Capítulo V “Diagnóstico”. Este punto fue desarrollado mediante visitas a las instalaciones de la C.A. Metro de Caracas y entrevistas a su personal, entre otras.
- **Selección de opciones**, paso que consiste en plantear posibles sugerencias de minimización encaminadas a buscar una solución a la situación (identificada mediante el diagnóstico) de las Baterías de Plomo-ácido usadas (cuyo proceso de generación se detalló en el inventario global) y

que podrían ser aplicadas al de otro tipo de desechos o materiales recuperables peligrosos generados por la C.A. Metro de Caracas. Las opciones seleccionadas forman parte de lo que a continuación se denomina Inventario Específico.

- ***Inventario Específico***, fase en la cual se estudian en profundidad las opciones seleccionadas en la etapa anterior. Cada una de estas opciones de minimización son sugerencias que se describen detalladamente en el Capítulo VI “Recomendaciones” del presente trabajo.

Los dos puntos anteriores se llevaron a cabo a través de reuniones tormenta de ideas con personal de la C.A. Metro de Caracas, entrevistas con personal de empresas recicladoras, tales como Acumuladores Duncan C.A. y Fundación de Metales C.A., visita a la planta recicladora de baterías llamada Fundación del Centro en Turmero, estado Aragua, propiedad de la primera empresa recicladora mencionada, contactos telefónicos, entre otras.

- ***Análisis de Viabilidad***, etapa en la que se somete cada opción a un análisis de viabilidad desde el punto de vista técnico, ambiental y de rentabilidad económica. Cabe destacar que esta etapa no se realizó ya que la misma no forma parte de los objetivos ni del alcance del proyecto, sin embargo, es necesario que un especialista en Ciencias Administrativas la lleve a cabo, dándole de esta forma seguimiento al trabajo.
- ***Implantación de opciones***. Una vez que se haya realizado el análisis de viabilidad, si el resultado de éste último es positivo, quedará en manos de la C.A. Metro de Caracas proceder a la implantación de las opciones propuestas.

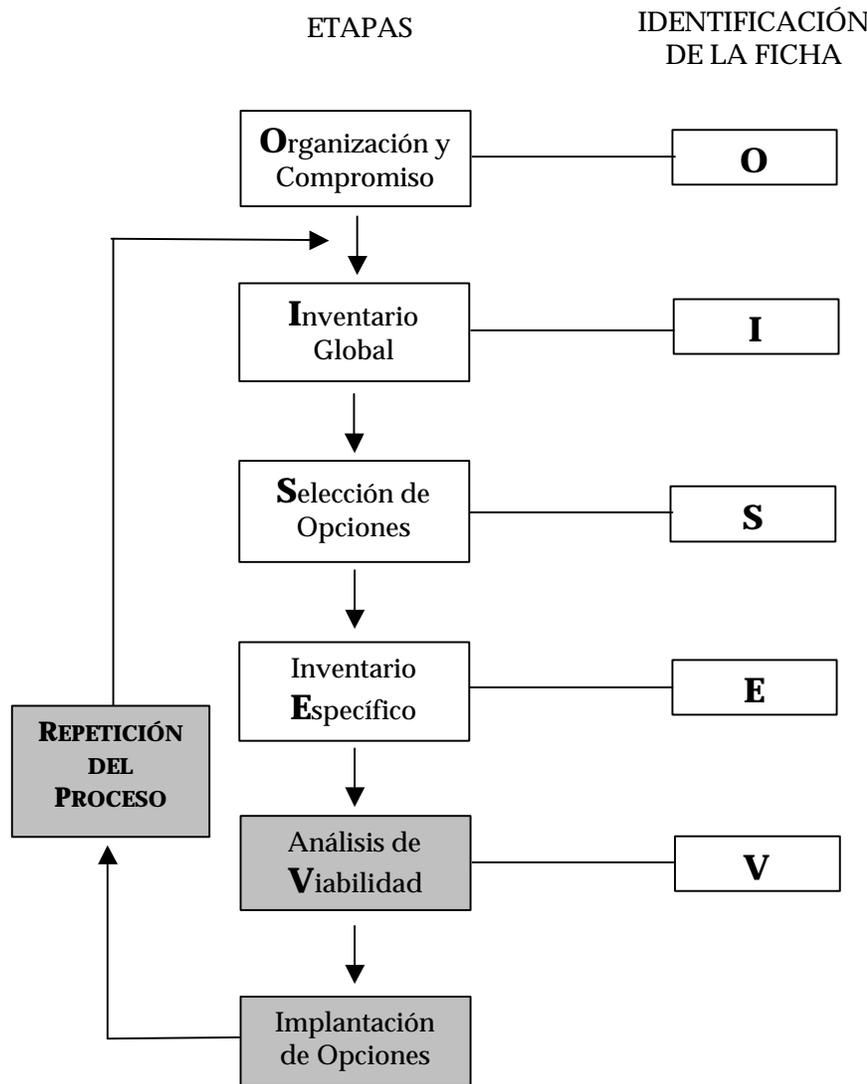
- **Repetición del proceso.** La actitud ante el proceso de minimización de desechos o materiales recuperables peligrosos en una empresa debe ser algo permanente y vivo, lo cual quiere decir que una vez implantadas las opciones, se les debe dar continuidad en el tiempo de tal forma que la empresa se encuentre en continua evolución y que todos sus procesos tengan vigencia.

El Diagrama N° 2 muestra en forma esquemática cada una de las etapas del proyecto descritas, señalándose en color gris las etapas que no forman parte del alcance de este Trabajo de Grado y que corresponde a la C.A Metro de Caracas darle continuidad.

En el Apéndice C se presentan las principales fichas del manual adaptadas (para cada etapa) que fueron empleadas a lo largo del proyecto como guía para la recolección y análisis de la información con la que se estructuró el trabajo. Estas fichas se describen brevemente a continuación:

- Ficha O-1, donde se especifican los datos generales de la empresa y los de la parte afectada, incluyendo un organigrama de la estructura organizativa de la primera y otro de la parte afectada.
- Ficha G-1, en la que se especifican las distintas etapas del proceso de generación del desecho o material recuperable.
- Ficha G-9, en la cual se trata de recoger toda la información relevante acerca del desecho o material recuperable (tipo, cantidad generada, mantenimiento que reciben, entre otros).
- Ficha G-11, mediante la cual se describen los problemas ambientales a los que se enfrenta la empresa debido al manejo actual del desecho o material recuperable en estudio.

## Diagrama N° 2. Etapas de un Proyecto de Minimización



**Fuente:** Manual MEDIA, Ministerio de Industria y Energía de España con la colaboración de la empresa Haskoning S.A., 1.995.

- Ficha S-1, donde, después de una reunión tormenta de ideas con personal de la empresa, se realiza una lista de las posibles opciones de minimización (para el desecho o material recuperable en estudio),

producto de todas las ideas que se tengan, y que luego serán estudiadas y discutidas para seleccionar las más óptimas.

- Ficha S-2, en la que se describen brevemente cada una de las opciones seleccionadas en la ficha S-1.
- Fichas E-1 y E-2, mediante las cuales se estudia y desarrolla en profundidad cada una de las opciones que hayan sido seleccionadas como las más óptimas.

## **IV. RESULTADOS**

Una vez procesada y estructurada la información recolectada a través de las fichas de trabajo se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación.

### **IV.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA C.A. METRO DE CARACAS**

Como solución al problema de transporte en el área Metropolitana, se crea la C.A. Metro de Caracas, empresa netamente dedicada al servicio, cuya misión es contribuir al desarrollo del transporte colectivo, mediante la planificación, construcción y explotación comercial de un sistema integrado, conformado por una red ferroviaria Metropolitana (Metro) y una red alimentadora superficial (Metrobús).

El sistema Metro de Caracas es un sistema de transporte colectivo y urbano de alta capacidad, integrado por distintas partes que se relacionan entre sí, como son: el equipo rodante (los vagones), la vía férrea (los rieles), el sistema de electrificación para trenes, el sistema de control de trenes, el sistema de comunicaciones, la red de líneas y las estaciones. La idea de sistema es muy importante cuando se intenta definir el Metro, ya que expresa un conjunto de partes y de operaciones que se combinan para lograr un resultado, que vendría siendo, el transportar a miles de personas con total comodidad, rapidez y seguridad a través de gran parte del área Metropolitana de Caracas.

El Metro de Caracas comienza a prestar sus servicios en el año 1.987, fecha en la cual se inaugura su primera línea (Línea 1). Hasta los días de hoy (2.001),

la C.A. Metro de Caracas cuenta con tres (3) líneas en funcionamiento y una (1) en construcción, que facilitan y/o facilitarán el transporte de millones de personas por toda el área Metropolitana y sus periferias. Estas tres líneas de servicio son:

- Línea 1, compuesta por veintidós (22) estaciones que van desde Propatria hasta Palo Verde.
- Línea 2, compuesta por doce (12) estaciones que parten de la estación Las Adjuntas y la estación Zoológico, uniéndose antes de llegar a la estación Mamera, finalizando en la estación Capitolio de la Línea 1.
- Línea 3, compuesta por cinco (5) estaciones que van desde Plaza Venezuela hasta El Valle.
- Línea 4, actualmente en construcción y que contará con cinco (5) estaciones que irán de Capuchinos hasta Plaza Venezuela.

#### **IV.1.1. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA EMPRESA**

- Satisfacer y armonizar los intereses de: los usuarios; empleados; acreedores; suplidores; los del Estado y; los de la comunidad en general.
- Ser capaz de generar ingresos para cubrir los costos normales de operación y mantenimiento.
- Servir como ejemplo de lo que puede ser un servicio público de alta calidad, demostrando excelencia en la clase de servicio prestado a los usuarios, lo cual se manifiesta en:
  - Ofertas que satisfagan las demandas.
  - Regularidad en el servicio.

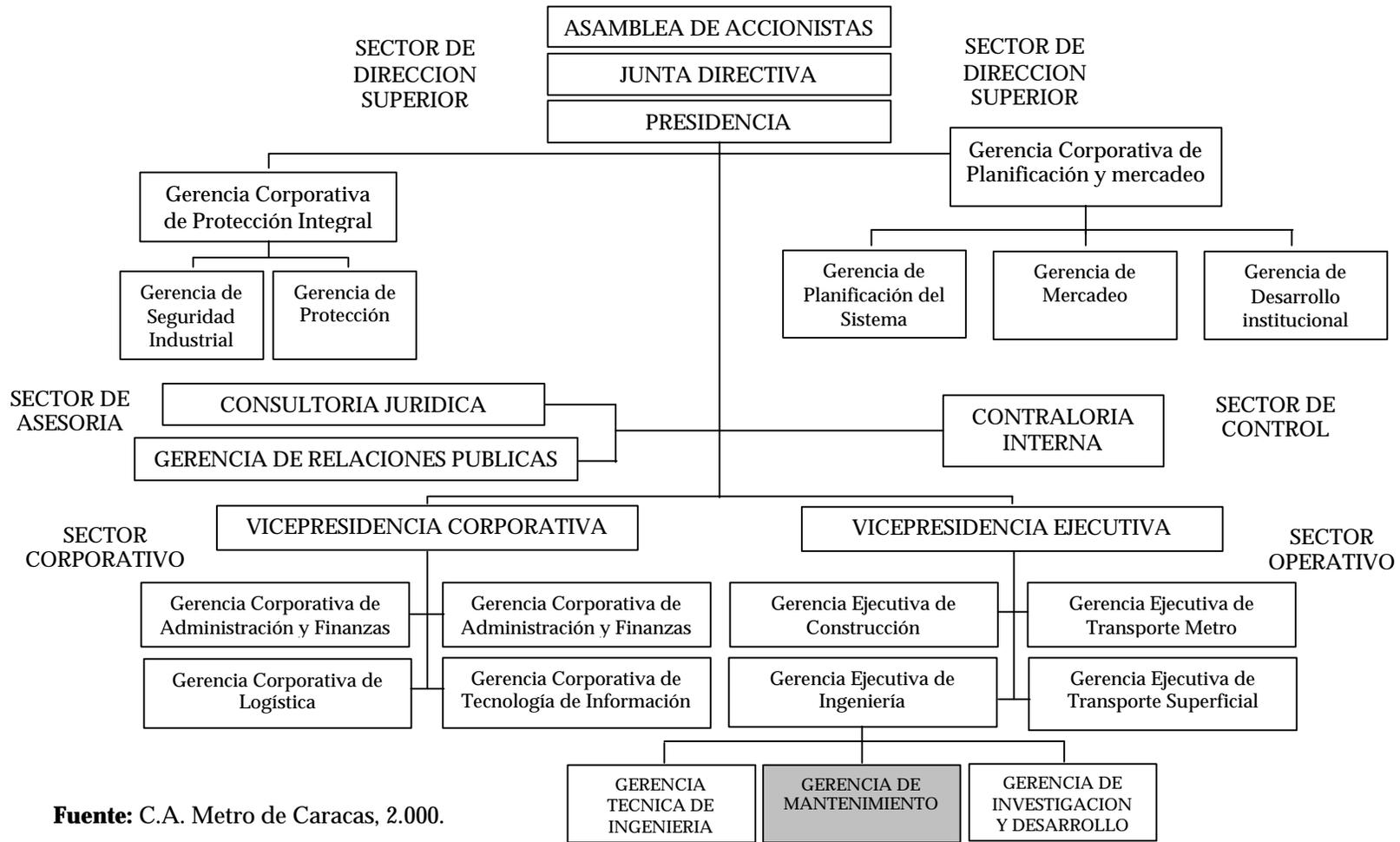
- Atención esmerada.
  - Buenas condiciones de orden y limpieza de las instalaciones.
- Que los usuarios y el mismo personal se sientan seguros dentro de las instalaciones de la empresa.
- Hacer el mejor uso de los recursos disponibles dentro de la empresa o de aquellos que sean contratados externamente para prestar el servicio deseado al menor costo y con la mayor productividad.
- Producir y mantener una atmósfera de trabajo agradable, disciplinada, conducente a la creatividad y a la eficiencia, que permita conseguir y retener los recursos humanos necesarios para la buena operación de la empresa.

#### **IV.1.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA**

Desde su creación, la C.A. Metro de Caracas, ha venido experimentando cambios constantes en la conformación de su estrategia organizativa para cumplir las diferentes fases que han caracterizado su proceso de crecimiento, teniendo como objetivo principal, lograr consolidarse como una empresa de estructura, adecuada a nuevos niveles de actividad.

La C.A. Metro de Caracas es una empresa que se rige bajo los lineamientos y políticas del Estado venezolano y que para garantizar el cumplimiento de sus objetivos está estructurada, como puede observarse en el Diagrama N° 3, en una serie de sectores, cada uno de los cuales presenta sus respectivas divisiones, señalándose en color gris la Gerencia de Mantenimiento, dentro de la cual, como se verá más adelante, se encuentra la División de Electromecánica (parte afectada).

**Diagrama N° 3. Organigrama General de la C.A. Metro de Caracas**



**Fuente:** C.A. Metro de Caracas, 2.000.

## **IV.2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA DIVISIÓN DE ELECTROMECAÁNICA (PARTE AFECTADA)**

La División de Electromecánica, como se puede observar en el Diagrama N° 4 señalado en color gris, forma parte de la Gerencia de Mantenimiento de la C.A. Metro de Caracas, cuya misión es garantizar las condiciones de seguridad técnica del Sistema Metro y la de sus equipos e instalaciones, manteniéndolos en condiciones de apariencia y confort adecuadas y velando por que los trabajos se realicen con un alto grado de calidad, a un costo razonable y de acuerdo a las políticas establecidas por la empresa.

**Diagrama N° 4. Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento**



**Fuente:** C.A. Metro de Caracas, 2.000.

La misión de esta División es la de mantener la disponibilidad funcional y el buen estado de los diferentes equipos electromecánicos del Sistema Metro, con las condiciones de seguridad técnica requeridas, manteniendo un alto grado de calidad en los trabajos realizados y al costo más bajo, compatible con el nivel de servicio que debe prestar la División, siguiendo la filosofía, políticas y lineamientos de la C.A. Metro de Caracas.

#### **IV.2.1. FUNCIONES DE LA DIVISIÓN DE ELECTROMECAÁNICA**

- Programar y realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de electrificación para auxiliares y tracción, con el fin de asegurar su funcionamiento.
- Inspeccionar los cables y bandejas de alta tensión, para garantizar el suministro eléctrico, que permita el funcionamiento de los equipos de electrificación y distribución.
- Inspeccionar los trabajos realizados por terceros, de tal forma de procurar el cumplimiento de los programas y especificaciones establecidas en los contratos.
- Participar con el Departamento de Apoyo Técnico en la elaboración de los procedimientos y manuales de las actividades de mantenimiento, así como en el desarrollo y actualización de los sistemas de gestión de mantenimiento de los equipos electromecánicos.
- Cumplir con las normas de seguridad técnica de los equipos a cargo del departamento, así como garantizar las condiciones de seguridad del personal durante la prestación del servicio.
- Participar con las demás unidades adscritas a la División en la elaboración del plan anual de mantenimiento.
- Suministrar al Departamento de Apoyo Técnico la información relacionada con las fallas presentadas en los equipos a cargo del Departamento.

- Realizar las modificaciones a los equipos, aprobadas por el Departamento de Apoyo Técnico, requeridas para el normal funcionamiento de los mismos.
- Establecer las necesidades de materiales para la ejecución del mantenimiento, a fin de obtenerlos en el tiempo y cantidades requeridas.

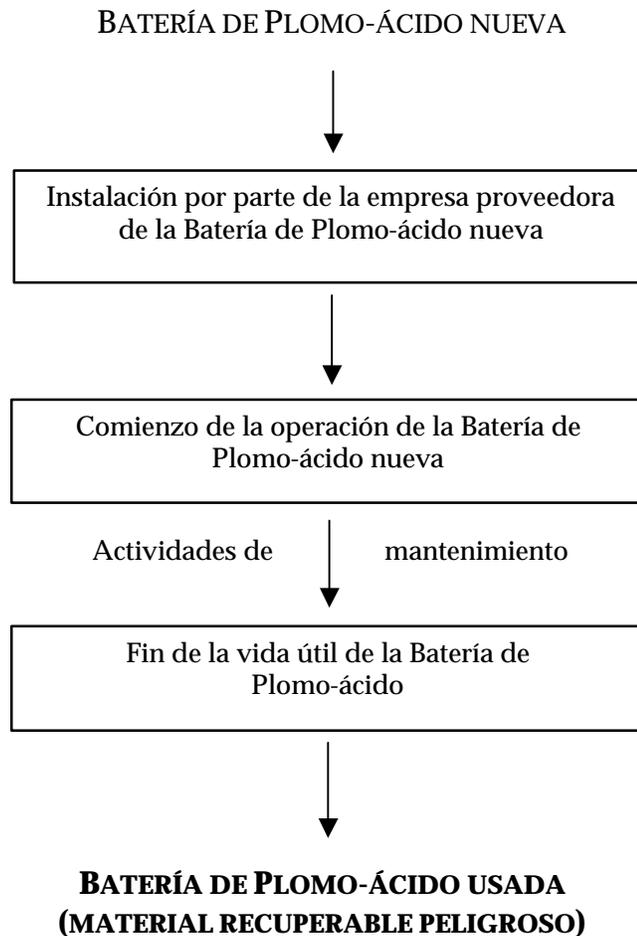
Las diferentes actividades de mantenimiento realizadas por la División de Electromecánica, generan desechos o materiales recuperables, como es el caso de las Baterías de Plomo-ácido que son objeto de estudio del presente Trabajo de Grado.

### **IV.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE GENERACIÓN EN LA EMPRESA DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS**

Las Baterías de Plomo-ácido usadas que son y seguirán siendo desincorporadas por la C.A. Metro de Caracas, provienen de las actividades de mantenimiento de la División de Electromecánica, y son empleadas en los Equipos de Energía de Emergencia (SEDE) y de Iluminación de Emergencia de las Acometidas (Capuchinos, Antímano y Caricua), y en los Equipos del Sistema de Señalización de Trenes instalados en los Patios y Talleres, las estaciones de pasajeros y la red de vías de las líneas 1, 2 y 3 del Metro de Caracas. La función de las Baterías de Plomo-ácido es únicamente de respaldo, ya que en caso de fallas de la energía suministrada por la Electricidad de Caracas, las mismas le permiten a todos los equipos que están en funcionamiento, continuar operando con una autonomía de ocho (8) horas máximo.

En el Diagrama N° 5 se muestra el proceso de generación, en la C.A. Metro de Caracas, de las Baterías de Plomo-ácido usadas.

**Diagrama N° 5. Flujo del Proceso de Generación de las Baterías de Plomo-ácido Usadas**



**Fuente:** Elaboración propia, 2.001.

#### **IV.4. FRECUENCIA O TASA DE GENERACIÓN EN LA EMPRESA DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS**

Las Baterías de Plomo-ácido en la C.A. Metro de Caracas, como ya se explicó, se utilizan como respaldo de equipos en caso de fallas por parte de la Electricidad de Caracas. Cada una de estas baterías trabaja en conjunto con otras, formando lo que recibe el nombre de banco de baterías. La cantidad de baterías por banco depende del lugar donde el mismo se vaya a utilizar y de la cantidad de energía requerida, siendo su valor promedio sesenta (60) baterías.

Cuando una de las baterías de cada banco se daña, en la empresa, hacen las operaciones necesarias para que el mismo pueda seguir funcionando. Ahora bien, cuando dejan de funcionar dos (2) baterías de un mismo banco, éste último debe ser desechado completo (con todas las baterías que lo conforman) ya que no es apto para seguir cumpliendo con sus funciones.

A pesar de esta situación, en la C.A. Metro de Caracas, no toman las precauciones necesarias y esperan hasta que varios bancos de baterías estén dañados para realizar el cambio por baterías nuevas y el transporte de las usadas hasta el sitio en el cual actualmente (Enero, 2.001) se encuentran acumuladas las Baterías de Plomo-ácido usadas.

Es principalmente por esta razón que a lo largo del tiempo, la tasa o frecuencia de generación de las Baterías de Plomo-ácido usadas no ha sido constante en la C.A. Metro de Caracas. Desde el año 1.987, fecha de inauguración de la primera línea (Línea 1) del Metro de Caracas, se han generado la cantidad de baterías señaladas en el Cuadro N° 1, sin existir, como se podrá observar, un número de baterías constante por año.

**Cuadro N° 1. Inventario de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Desincorporadas desde el año 1.987**

<b>Año</b>	<b>CANTIDAD DE BATERÍAS</b>
1.987	-
1.988	60
1.989	-
1.990	252
1.991	84
1.992	312
1.993	240
1.994	264
1.995	-
1.996	24
1.997	12
1.998	1.740
1.999	120
2.000	156
2.001	-
<b>TOTAL</b>	<b>3.264</b>

**Fuente:** Elaboración propia, con datos de la C.A. Metro de Caracas, 2.001.

De acuerdo con esto y según el Artículo 42 de las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), la C.A. Metro de Caracas es un generador eventual de desechos o materiales recuperables peligrosos, ya que éstos no proceden de ningún proceso productivo ni de materiales almacenados o consumidos en el proceso, sino que se originan de las operaciones de mantenimiento o de reemplazo de equipos, su generación no es sistemática y está condicionada a la ocurrencia de las operaciones referidas.

#### **IV.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Las Baterías de Plomo-ácido que son utilizadas por la C.A. Metro de Caracas están formadas por los mismos constituyentes que las baterías nuevas descritas en el marco teórico del Capítulo II del presente Trabajo de Grado, es decir, por un grupo de celdas que contienen un electrolito compuesto por una mezcla de ácido sulfúrico y agua que cubre las placas verticales de plomo.

El Cuadro N° 2 muestra cada una de las partes que componen a estas baterías y su estado físico.

**Cuadro N° 2. Componentes y Estado Físico de las Baterías de Plomo-ácido usadas empleadas en la C.A. Metro de Caracas**

<b>COMPONENTE</b>	<b>ESTADO FÍSICO</b>
Recipiente de bakelita	Sólido
Placas planas de plomo	Sólido
Separadores compuestos por tiras de goma sobre una superficie de algodón	Sólido
Electrolito compuesto por una mezcla de ácido sulfúrico y agua, pudiendo contener cierta concentración de plomo	Líquido
Conexiones constituidas por la tapa de la batería y los conectadores de acero y materiales plásticos diversos	Sólido

**Fuente:** Elaboración propia, 2.001.

Por requerimientos propios de las operaciones para las cuales las Baterías de Plomo-ácido son utilizadas por la C.A. Metro de Caracas, las mismas poseen diferentes capacidades, lo cual se traduce en que a su vez posean distintos pesos y dimensiones.

El Cuadro N° 3 muestra las características de los diferentes tipos de baterías usadas que actualmente están desincorporadas en los Patios y Talleres de Propatria de la C.A. Metro de Caracas.

**Cuadro N° 3. Inventario de las Baterías de Plomo-ácido Usadas acumuladas en los Patios y Talleres de Propatria con especificación de sus pesos y dimensiones**

MAI CA	MODELO	CANTI DAD	PESO INDIVIDUAL (KG)	PESO TC TAL (KG)	AL TO (CM)	LARGO (CM)	AN CHO (CM)
Chloride	T-21	117	47,10	5.510,70	47,50	25,50	20,50
Chloride	F-21	470	28,35	13.324,50	35,00	20,00	18,50
Chloride	F-17	12	22,75	273,00	34,00	20,50	14,50
Chloride	F-9	57	14,80	843,60	35,50	20,50	10,00
Chloride	F-5	12	12,05	144,60	36,50	20,50	10,50
Chloride	PC-21	60	47,60	2.856,00	65,00	21,00	19,00
Exide	2 Polos	40	19,60	784,00	39,00	23,50	10,50
Exide	LEC-100	39	29,60	1.154,40	30,50	23,00	17,50
Exide	LEC-150	78	42,20	3.291,60	30,80	31,00	23,00
Exide	E	52	60,20	3.130,40	36,50	26,00	25,40
Exide	C	29	59,00	1.711,00	30,00	30,80	23,00
Titan	R-120	15	36,00	540,00	24,80	25,50	18,00
Tudor	-	8	37,20	297,60	36,00	30,00	17,00
<b>TOTAL</b>		<b>989</b>		<b>33.681 40</b>			

**Fuente:** Elaboración propia, con datos de la C.A. Metro de Caracas, 2.001.

Como se puede observar, actualmente hay 989 Baterías de Plomo-ácido usadas desincorporadas, lo cual significa que hay un faltante de 2.275 con respecto al total de baterías que han sido desincorporadas (ver Cuadro N° 1) desde la inauguración del Metro de Caracas.

Según la información suministrada por personal de la empresa, estas baterías fueron desincorporadas en su momento y al parecer fueron vendidas a empresas recicladoras. Sin embargo, la C.A. Metro de Caracas no cuenta con los registros de tales operaciones, razón por la cual no se pudo ahondar en el tema ni conocer el verdadero destino de las mismas.

#### **IV.6. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA NORMATIVA VENEZOLANA DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

El plomo y sus compuestos (sales y óxidos) figuran en el Anexo C “Sustancias Peligrosas”, de las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), en las que se señalan como tóxicos en el agua y tóxicos por inhalación, ingestión y contacto.

La Norma Venezolana COVENIN 2.670 “Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencias a Incidentes o Accidentes” (Guía 39), indica que el ácido sulfúrico puede ser venenoso si se inhala o se ingiere, y el contacto puede causar severas quemaduras a la piel y a los ojos.

Entre los riesgos de incendio o explosión, dicha norma especifica que este ácido reacciona violentamente con el agua, puede arder (aunque no lo hace fácilmente), puede encender otros materiales combustibles (madera, papel, aceites) y los derrames en las alcantarillas pueden crear un riesgo de incendio o explosión.

Según todo esto, las baterías usadas desincorporadas, debido al plomo y al ácido sulfúrico que contienen, son consideradas como un desecho o material recuperable peligroso, dependiendo del destino que tengan una vez terminada la vida útil del equipo original.

A su vez, de acuerdo con el Artículo 8 de las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), las Baterías de Plomo-ácido presentan un riesgo de Clase 3 ya que son elementos sólidos que contienen líquidos, pueden llegar a ser inflamables

sólo en presencia de llama, tienen características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren, para su manejo, equipos de protección total, tienen potencial de dispersión limitado, con un daño esperado moderado en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente.

Como las Baterías de Plomo-ácido usadas que genera la C.A. Metro de Caracas van a ser objeto de recuperación, para los fines de este trabajo se considerarán como materiales peligrosos recuperables, en lugar de desechos peligrosos y como tal se hará referencia a ellas.

#### **IV.7. MEDIDAS Y PROCEDIMIENTOS YA ADOPTADOS Y/O EN PROYECTO EN LA EMPRESA PARA EL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO**

A partir de principios del año 2.000 en la C.A. Metro de Caracas empezó a surgir una preocupación general por la situación de acumulación de desechos o materiales peligrosos y no peligrosos, almacenados sin las precauciones necesarias en las instalaciones de la empresa. Desde ese momento se han venido haciendo algunos esfuerzos por encontrar una solución a tal problemática, entre los cuales se pueden mencionar los que se presentan a continuación.

##### **IV.7.1. REDUCCIÓN EN LA FUENTE DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Aún cuando hasta los momentos no se ha propuesto ningún tipo de solución viable para las Baterías de Plomo-ácido usadas ya desincorporadas, sí se están haciendo esfuerzos por proponer alternativas que permitan generar una menor cantidad de baterías al año.

Actualmente (Enero, 2.001), la C.A. Metro de Caracas está manejando opciones para optimizar las actividades de operación y mantenimiento relacionadas con la utilización de las Baterías de Plomo-ácido en la empresa. Tales opciones se presentan a continuación y serán ampliadas en el Capítulo VI:

- Adquirir baterías de libre mantenimiento que son gelatinosas por dentro, no se les agrega agua y por tanto no hay que revisarlas constantemente.
- Instalar un banco de reparación de Baterías de Plomo-ácido dentro del Metro de Caracas o adaptar el banco de mantenimiento de las Baterías de Níquel-Cadmio ya existente, de tal forma que funcione para los dos tipos de baterías.
- Modernizar los sistemas, utilizando tecnologías nuevas y logrando, de esta forma, disminuir la cantidad total de bancos de baterías utilizados a lo largo de las tres (3) líneas del Metro de Caracas en funcionamiento.

#### **IV.7.2. SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Desde que las Baterías de Plomo-ácido fueron consideradas por la empresa como un material que ya no era útil para cumplir con las funciones que les correspondía, las mismas han venido siendo acumuladas en el lugar en el que actualmente se encuentra la totalidad de ellas, un sector de los Patios y Talleres de Propatria de la C.A. Metro de Caracas.

Si bien este lugar no reúne, como se verá más adelante en el Capítulo V, con las condiciones exigidas para el almacenamiento de materiales peligrosos por el Artículo 16 de las “Normas para el Control de la Recuperación de

Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), se tiene información de que no hay dispersión de este tipo de baterías en otros lugares de la empresa.

#### **IV.7.3. PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS**

Uno de los inconvenientes que se ha presentado con el paso del tiempo en la C.A. Metro de Caracas, ha sido el proceso de enajenación, entendiéndose por éste, el proceso mediante el cual se transfiere un bien o material de la empresa a otra persona o institución.

Para que estos materiales puedan ser enajenados, los mismos deben cumplir con las siguientes condiciones:

- No ser necesarios para el cumplimiento de la finalidad de la empresa.
- Haber sido desincorporados previamente.
- Estar en estado de obsolescencia y deterioro.

El problema de este proceso en particular ha sido que desde que el Metro de Caracas empezó a funcionar, se consideró que todos los desechos o materiales recuperables que se generaran de sus operaciones y actividades de mantenimiento, constituían bienes del Estado, lo cual se traducía en que los procesos de enajenación se hacían extremadamente largos.

Actualmente (Enero, 2.001), se están llevando a cabo procedimientos administrativos encaminados a decidir cuáles desechos o materiales recuperables realmente son bienes del Estado y cuáles le pertenecen a la C.A. Metro de Caracas, de tal forma que se faciliten y se agilicen los procesos de licitación y comercialización de éstos últimos.

En cuanto a las Baterías de Plomo-ácido, estos procedimientos administrativos que se están dando dentro de la empresa, facilitarán enormemente los procesos de venta de tales materiales a empresas recicladoras del plomo, que como se verá más adelante en el Capítulo VI, están interesadas en su compra.

#### **IV.7.4. COMERCIALIZACIÓN DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS CON EMPRESAS RECICLADORAS**

Como se mencionó anteriormente, al parecer hace algunos años se vendió un lote de baterías usadas desincorporadas, a una empresa recicladora del plomo, pero la empresa no cuenta con los registros de la venta ni con los detalles de la misma.

## **V. DIAGNÓSTICO**

Hasta hoy en día (2.001), las operaciones de manejo de las Baterías de Plomo-ácido que realiza cotidianamente la C.A. Metro de Caracas se describen a continuación, siguiendo el orden secuencial del proceso que siguen las mismas desde que comienzan a funcionar, hasta que llegan a su destino final actual como baterías usadas.

### **V.1. GENERACIÓN DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS**

Según información suministrada por personal de la empresa, las Baterías de Plomo-ácido en funcionamiento no reciben el mantenimiento que sus proveedores recomiendan, y por tal motivo la generación de baterías usadas se hace más frecuente. Además, otro de los factores que conlleva a este aumento, es el hecho de que un banco completo, compuesto generalmente por sesenta (60) baterías, como ya se explicó, se daña cuando vencen dos (2) de ellas, haciendo que se generen un mayor número de usadas, que un buen mantenimiento podría disminuir, alargando su vida útil y retrasando su generación como material de desecho.

### **V.2. TRANSPORTE DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS DESDE EL SITIO DE GENERACIÓN HASTA EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Este transporte se realiza desde el lugar donde están instaladas las baterías usadas, hasta el sitio de almacenamiento interno temporal ubicado en una zona de los Patios y Talleres de Propatria. Este transporte está a cargo de

empresas proveedoras venezolanas como la Duncan, Titán y Fulgor, quienes, por contrato de compra, cambian por nuevas, aquellas baterías que han terminado su vida útil, transportando las primeras hasta el lugar de almacenamiento temporal mencionado.

Generalmente, los vehículos que se utilizan son camiones 750 o gandolas similares, donde las baterías son colocadas sobre paletas y la carga es asegurada para evitar caídas durante el transporte.

El equipo mínimo que se le exige a los trabajadores para que realicen el cambio y el transporte de las baterías, está conformado por zapatos de seguridad y guantes.

La C.A. Metro de Caracas no le exige a sus proveedores el registro en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales como manejadores de desechos o materiales recuperables peligrosos y por tanto, no posee información al respecto.

Sin embargo, en una reunión sostenida con el Gerente de Investigación y Desarrollo de Mercado de la empresa Acumuladores Duncan C.A., Ingeniero Jesús Fuenmayor, se pudo constatar que dicha empresa, y la empresa Titan C.A., sí están registradas en tal Ministerio como manejadores de desechos o materiales recuperables peligrosos y, por tanto, cumplen con los requerimientos exigidos por dicho ente para realizar un transporte seguro. Además, estas empresas poseen un plan de contingencia en caso de derrames durante el transporte, el cual señala las medidas a tomar en caso de la ocurrencia de algún tipo de accidente o incidente.

### **V.3. ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Según lo que fue diagnosticado, en esta sección se describe en detalle el almacenamiento que la C.A. Metro de Caracas le da actualmente a las Baterías de Plomo-ácido usadas, haciendo referencia a la ubicación y características físicas del lugar, las condiciones de las baterías allí acumuladas, entre otros.

#### **V.3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Tal como se muestra en el Plano N° 1, la C.A. Metro de Caracas dispone de un sitio de almacenamiento central interno temporal para las Baterías de Plomo-ácido usadas (ver letra B en el plano), localizado dentro de las instalaciones de los Patios y Talleres de Propatria de la empresa, cuya entrada se encuentra en la Avenida Principal de Propatria. El sitio se encuentra ubicado en la esquina sur de la Avenida Simón Bolívar, frente al Centro Comercial Propatria, Sector Propatria y dentro del patio, está localizado delante de uno de los Talleres de Mantenimiento de la empresa (ver letra A en el plano).

Este sitio se ha venido utilizando desde el año 1.988, fecha en la que se generaron las primeras baterías usadas de este tipo en la empresa.

#### **V.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL LUGAR DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

- El área de almacenamiento tiene forma triangular, se encuentra al aire libre y posee una superficie aproximada de 88 metros cuadrados.

**Plano N° 1. Plano de la Zona donde se encuentra ubicado el Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual de las Baterías de Plomo-ácido Usadas**



**Fuente:** Metroguía, 1.995.

**LEYENDA:**

A: Taller de Mantenimiento de la C.A. Metro de Caracas

B: Lugar de almacenamiento central interno actual de las Baterías de Plomo-ácido usadas.

- Aproximadamente un 40% del piso es de asfalto y el 60% restante, es de tierra. No obstante, no es posible determinar estos porcentajes con exactitud debido a las condiciones actuales (Enero, 2.001) del almacenamiento.
- El lugar de almacenamiento no posee paredes ni techo; tiene una vía interna de acceso, de un canal por sentido para el tránsito vehicular.
- El área ocupada por las baterías no posee sistema de drenaje propio; la pendiente del piso va hacia una tanquilla de drenaje de aguas de lluvia del Patio, localizada a unos 12 metros del extremo norte del área, cerca de la cual comienza una de las cunetas de drenaje perimetral del Patio.
- Como puede observarse en la Foto N° 1, el lugar de almacenamiento no posee identificación ni señalización; se encuentra adyacente a la cerca perimetral del Patio, construida de bloque hasta una altura de 3 metros, seguida de malla ciclón hasta alcanzar una altura total de 6 metros. Esta cerca separa el área de almacenamiento, de la Avenida Simón Bolívar, frente a la cual se encuentra una zona residencial y escolar.

**Foto N° 1. Cerca que separa la Avenida Simón Bolívar del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual**



**Fuente:** Toma propia, 2.001.

- Adosado a la cerca que separa el lugar de la Avenida Simón Bolívar, a 0,70 metros de altura aproximadamente, pasa una tubería de aguas blancas.

En el Croquis N° 1, se pueden apreciar gráficamente algunas de estas características.

### **V.3.3. FORMA Y CONDICIONES GENERALES DEL ALMACENAMIENTO ACTUAL DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Según el último inventario, realizado en Noviembre de 2.000 por la C.A. Metro de Caracas, en el área de almacenamiento recién descrita se encuentran acumuladas un total de 989 Baterías de Plomo-ácido usadas, con las dimensiones y pesos mostrados anteriormente en el Cuadro N° 3 del Capítulo IV del presente Trabajo de Grado. De acuerdo con información suministrada por personal de la empresa, todas estas baterías se han ido acumulando en este lugar a lo largo de los últimos dos (2) años y medio. Muchas de las baterías usadas poseen ranuras en la tapa y el recipiente, habiendo dos (2) o tres (3) que no cuentan con éste último; algunas no tienen la tapa ajustada herméticamente mientras que a otras le faltan los tapones; además, muchas de ellas tienen menos de la mitad del electrolito (ver Foto N° 2).

#### **Foto N° 2. Batería Usada abierta y con la mitad del Electrolito**



**Fuente:** Toma propia, 2.001.



En términos generales, la forma y condiciones de almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas son las siguientes:

- ❑ Más del 98% de ellas están almacenadas directamente sobre el piso, bien sobre el asfalto o bien sobre la tierra.
- ❑ La mayoría de las baterías se encuentran en posición vertical, algunas en posición inclinada y horizontal, formando pequeñas pilas dispersas dentro del área.
- ❑ Existen únicamente alrededor de quince (15) baterías que están colocadas sobre paletas de madera.
- ❑ Hay manchas en el piso del área de almacenamiento, señal de la ocurrencia de pequeños derrames y botes (ver Foto N° 3).

**Foto N° 3. Derrame de Electrolito en la parte de tierra del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual.**



**Fuente:** Toma propia, 2.001.

- ❑ Hay presencia de desechos sólidos domésticos e industriales, constituidos por plástico, papel, textiles, chatarra metálica y madera, distribuidos al azar entre las baterías (ver Foto N° 4).

**Foto N° 4. Otros Desechos Domésticos e Industriales presentes en el Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual.**



**Fuente:** Toma propia, 2.001.

**V.3.4. NORMAS DE USO Y ACCESO DEL/AL LUGAR DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Se conoció que la C.A. Metro de Caracas no posee normas escritas para el uso del sitio de almacenamiento actual. El personal que trabaja en los alrededores, aunque conoce que dicho lugar está dedicado al almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas generadas por la empresa, no está informado de sus riesgos.

Con relación al uso de la vía interna adyacente mencionada anteriormente, se conoció que es poco transitada por vehículos, sin embargo, es utilizada por los empleados como instalación de ejercitación física (trote y caminatas) después del horario de salida del trabajo.

**V.3.5. EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL LUGAR DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Muchas de las características físicas del área, así como la forma y condiciones generales del almacenamiento de las baterías usadas, contravienen las

“Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), en cuyo Artículo 16 se especifica, en términos generales, que el almacenamiento de materiales recuperables peligrosos debe cumplir con las siguientes condiciones:

- El área destinada al almacenamiento debe reunir las características y la capacidad acorde con el tipo de material a almacenar, su clase de riesgo, las condiciones peligrosas presentes, la cantidad a almacenar y el tiempo que permanecerá almacenado.
- El almacenamiento de estos materiales debe estar separado del almacenamiento de otro tipo de materiales o desechos.
- El material debe mantenerse protegido de la intemperie, para que no sea factible su arrastre por el viento, ni el lavado con la lluvia.
- Si el material presenta riesgo de Clase 3 en adelante, el área de almacenamiento estará provista de las medidas de seguridad necesarias para este tipo de riesgos y deberá contar con los equipos de protección para el personal que maneje dichos materiales.
- El área de almacenamiento debe estar demarcada e identificada, con acceso restringido sólo a las personas autorizadas, indicando con los símbolos correspondientes, el peligro que presentan dichos materiales.
- El piso donde se almacenen materiales que contengan líquidos debe ser impermeable, sin peligro de infiltración de algún líquido en el suelo.

De las condiciones de almacenamiento existentes, las que representan un mayor riesgo para la salud y el ambiente, son las referidas a la existencia de una tanquilla de drenaje de aguas de lluvia, aguas abajo del área de

almacenamiento; la existencia de botes permanentes de electrolito en el piso de tierra (no impermeable); y la concurrencia de personal de la empresa para realizar ejercitación física en la vía de acceso adyacente al sitio.

Estos riesgos dependerán de la concentración de los parámetros considerados adversos y de las cantidades manejadas, tal como se indica en las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98). Particularmente, los valores de pH en las aguas que llegan al drenaje de lluvias, pueden causar una alteración de la calidad de las aguas si se salieran del rango de 6 a 9 establecido en las “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos” (Decreto N° 883, Gaceta Oficial N° 5.021 Extraordinario del 18-12-95) para evitar la degradación del medio acuático. Igualmente, la concentración de plomo pudiera afectar la calidad de las aguas, en caso de exceder el valor de 0,5 miligramos/litro; este elemento y sus compuestos están catalogados en dichas normas como sustancias para las cuales existe evidencia teórica o práctica de su efecto tóxico, agudo o crónico. Los límites máximos para descargas a cuerpos de agua pueden usarse también como criterio para descargas al suelo.

En cuanto al riesgo de los seres humanos, el ácido sulfúrico puede causar quemaduras a la piel, tal como se indica en la Guía 39 de la Norma Venezolana COVENIN 2.670 “Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencia a Incidentes o Accidentes”. Este riesgo también dependerá de la concentración en que se encuentre y del tiempo de exposición a las sustancias.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Como ya se mencionó, en los actuales momentos (Enero, 2.001), la C.A. Metro de Caracas está manejando opciones para optimizar las actividades de operación y mantenimiento relacionadas con la utilización de Baterías de Plomo-ácido, y simultáneamente, disminuir la cantidad de estos materiales generados en el origen.

En esta sección se describen con más detalles estas opciones, conjuntamente con otras propuestas complementarias encaminadas a corregir las situaciones adversas que han sido detectadas a través del diagnóstico.

Se recomienda que las opciones de minimización que se describen a continuación sean tomadas como referencia para ser implantadas en el manejo de los otros desechos o materiales recuperables peligrosos que se han generado y/o se seguirán generando en la C.A. Metro de Caracas.

### **VI.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN FUNCIONAMIENTO EN LA EMPRESA**

Una de la mejores formas de reducir en origen los desechos que se generan en una determinada empresa, es a través de un buen mantenimiento de los equipos en operación o funcionamiento.

Lo que se pretende con esta propuesta es lograr que los responsables del manejo de las Baterías de Plomo-ácido en la C.A. Metro de Caracas apliquen los procedimientos de mantenimiento que proponen sus fabricantes. De esta forma, aumentaría la vida útil de cada una de ellas, lo cual a su vez, se

traduciría en ganancias para la empresa ya que la necesidad de demanda de baterías nuevas disminuiría en gran medida.

### **VI.1.1. LINEAMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO APROPIADO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN FUNCIONAMIENTO**

A continuación se presenta un pequeño resumen de algunas de las medidas más importantes que deben tomarse en cuenta para el manejo de las Baterías de Plomo-ácido en funcionamiento.

#### **❖ TEMPERATURA DE OPERACIÓN**

- ❑ La temperatura del ambiente recomendada para la operación de las Baterías de Plomo-ácido, son temperaturas que no superen los 30 grados centígrados, como mucho, y que no bajen de los 20.
- ❑ A temperaturas bajas, la capacidad de la batería se reduce debido a la incrementada viscosidad y resistencia del electrolito.
- ❑ Por su parte, las temperaturas altas tienen un efecto adverso y deben emplearse todos los medios prácticos para mantener la temperatura de la batería en valores normales.

En conclusión, es necesario que las temperaturas de operación se mantengan dentro de las propuestas para así alargar su vida útil.

#### **❖ ADICIÓN DE AGUA**

- ❑ Se debe utilizar solamente agua destilada sin agregar ácido u otras sustancias extrañas a la batería.

- Si se tiene alguna duda acerca del agua destilada que se está empleando para las baterías de Plomo-ácido, debe obtenerse un análisis de un laboratorio calificado. Si la batería comienza a utilizar demasiada agua, se debe investigar la causa de tal suceso con expertos en la materia.
- La pérdida de agua debe reemplazarse con agua destilada a intervalos regulares, de manera de mantener el nivel del electrolito en un punto intermedio entre las líneas de nivel alto y bajo, marcadas en el recipiente.
- Debe tenerse cuidado de evitar llevar el nivel de la solución del electrolito más arriba de la marca superior indicada en el recipiente de la batería. Si se añade demasiada agua a la solución de electrolito, pueden ocurrir derrames durante el proceso de carga de las baterías.

#### **❖ CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua que debe añadirse, como ya se mencionó tiene que ser destilada u otro tipo aprobada. Agua aprobada es aquella que ha sido analizada por un laboratorio calificado y hallada segura para usar en Baterías de Plomo-ácido. Se deben verificar los análisis para comprobar que el agua cumple con los niveles de impurezas señalados en el Cuadro N° 4.

#### **❖ LIMPIEZA DE LA BATERÍA**

- Es recomendable observar la limpieza de la batería a intervalos regulares. Cuando sea necesario, se debe limpiar la acumulación de polvo de las tapas y el recipiente de la batería con un paño humedecido con agua limpia.

**Cuadro N° 4. Calidad del Agua a añadir en el Electrolito de las Baterías de Plomo-ácido.**

<b>REQUERIMIENTOS</b>	<b>LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARTES POR MILLÓN (P.P.M.)</b>
Sólidos totales	350,0
Sólidos fijos	200,0
Orgánicos y volátiles	150,0
Hierro	4,0
Cloruro	25,0
Amonio (NH <sub>4</sub> )	4,0
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	10,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	10,0
Manganeso	0,007
Calcio y Magnesio	40,0

**Fuente:** Manual para instalación, operación y mantenimiento de Baterías de Plomo-ácido; VENERGIA, energía venezolana, 1.984.

- Si las tapas o el recipiente de la batería están húmedas a causa de electrolito derramado, se debe limpiar con un paño humedecido en una solución de bicarbonato de soda y agua a temperatura ambiente, mezclados en proporciones de 0,5 kilogramos por cada 5,0 litros de agua, teniendo cuidado de no introducir en los vasos de las baterías, residuos o suciedad. Después, es recomendable enjuagar con un paño humedecido con agua limpia y luego secar con uno limpio.
- No se debe utilizar ningún tipo de aceite, solvente o detergente para limpiar el recipiente o las tapas. Estos productos pueden producir efectos adversos y pueden causar daños permanentes a los materiales plásticos de la batería. Como único elemento de limpieza aprobada, puede utilizarse un paño humedecido con alcohol isopropílico.
- Los postes y conectores de las baterías deben mantenerse libres de corrosión, eliminándola a través de su limpieza con un paño humedecido

con agua limpia y secar con otro paño limpio. Cuando la limpieza rutinaria de las conexiones de pernos ha sido descuidada, resultando en una fuerte corrosión, el rendimiento de la batería bajo carga podrá ser afectado adversamente, por lo cual se recomienda no descuidar su adecuada limpieza.

### **VI.1.2. INSTALACIÓN DE UN BANCO DE REPARACIÓN DE BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO**

Una de las opciones que se está estudiando en estos momentos, es instalar un banco de reparación de Baterías de Plomo-ácido en el que se les cambie el electrolito y se recarguen, dándoles de esta forma el mantenimiento adecuado para así lograr alargar su vida útil, generándose una cantidad de baterías usadas al año, mucho menor.

La otra alternativa para esta misma opción es adaptar el banco existente para el mantenimiento de las Baterías de Níquel-Cadmio, de tal forma que también funcione para el de las Baterías de Plomo-ácido, y en el cual se les pueda dar a este tipo de baterías un mantenimiento continuo y completo según las especificaciones del proveedor.

### **VI.1.3. ADQUISICIÓN DE BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO DE LIBRE MANTENIMIENTO**

Como ya se mencionó con anterioridad, actualmente en la C.A. Metro de Caracas se está estudiando la posibilidad de adquirir baterías de libre mantenimiento (suministradas por los mismos proveedores actuales) que son gelatinosas por dentro, no se les agrega agua y por tanto no hay que revisarlas constantemente. La desventaja de este tipo de baterías es que

tienen una vida útil máxima probable de cinco (5) años, mientras que la de las actuales puede llegar a los diez (10). Sin embargo, si se toma en cuenta que el mantenimiento actual de las baterías no es el apropiado, podría decirse que la opción es viable. En todo caso, se recomienda a la C.A. Metro de Caracas hacer un estudio para determinar cuán viable es esta opción, para luego tomar la decisión acerca de su implantación en la empresa.

## **VI.2. MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA BAJO EL CUAL FUNCIONAN LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN LA EMPRESA**

En los actuales momentos, en la C.A. Metro de Caracas, se está analizando la opción de reducir la cantidad de bancos de baterías instalados, y emplear bancos con tecnologías más modernas, disminuyendo de esta forma la cantidad total de baterías utilizadas a lo largo de las tres (3) líneas en funcionamiento del Metro de Caracas. En términos generales, la idea de modernizar el sistema existente es la de utilizar una menor cantidad de Baterías de Plomo-ácido con tecnología nueva, de tal forma que se reduzca la cantidad generada en origen de estos materiales usados, por año.

Se recomienda a la C.A. Metro de Caracas, dedicar tiempo y personal especializado en la materia a estudiar más a fondo esta opción, ya que la misma contribuiría a lograr una disminución sustancial en la fuente de Baterías de Plomo-ácido usadas.

### **VI.3. ALMACENAMIENTO CONTROLADO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS COMO MATERIAL RECUPERABLE PELIGROSO GENERADO EN LA EMPRESA**

Un almacenamiento controlado y con las condiciones necesarias hará que las Baterías de Plomo-ácido usadas se mantengan en buen estado, y que su cotización en el mercado sea mayor, lo cual se traduciría directamente en beneficios económicos más altos para la empresa generadora, luego de su comercialización con posibles empresas recicladoras, tema que será tratado más adelante.

Es por esta razón que en esta sección se dan recomendaciones para el almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas, comenzando por el reacondicionamiento del lugar de almacenamiento central interno actual (mientras se construye el definitivo, que también será sugerido en esta misma sección), y terminando con la propuesta de lineamientos para el desmantelamiento y saneamiento del lugar actual, una vez que se hayan vendido todas las baterías allí almacenadas y que el lugar definitivo esté apto para el almacenamiento de las que se generen a partir de ese momento.

#### **VI.3.1. REACONDICIONAMIENTO DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Mientras sea usado el sitio de almacenamiento central interno existente, es necesario sanearlo y normalizar su uso y acceso, siguiendo algunos de los aspectos aplicables contenidos en la normativa vigente (descrita con anterioridad), que conlleven a un almacenamiento más seguro y, al mismo tiempo, sencillo y económico. Todo esto sin perder de vista el objetivo de construir, en el menor tiempo posible, un sitio de almacenamiento permanente como el que se propondrá en la sección siguiente.

A continuación se sugieren algunas medidas para el reacondicionamiento que deben ser llevadas a cabo, moviendo lo menos posible las Baterías de Plomo-ácido usadas acumuladas hasta los momentos, para así evitar derrames del ácido sulfúrico presente en el electrolito:

- Remover los papeles, plásticos, chatarra metálica y otros desechos que se encuentran dispersos entre las baterías.
- Techar el sitio con elementos prefabricados y colocarle un aviso de identificación visible, como el siguiente:



**BATERÍAS DE  
PLOMO-ÁCIDO USADAS**

**Fuente:** Elaboración propia, 2.001

- Demarcar claramente los límites frontal y laterales en el piso con pintura.
- Mantener en un sitio cercano (por ejemplo, en un escaparate de pared), elementos de contención de derrames como cal viva, arena, bicarbonato de soda, aserrín, entre otros, un extintor de incendios y equipos de protección personal como zapatos de seguridad, guantes de goma, delantal de material sintético y lentes de seguridad.
- Colocar material plástico resistente en las zonas de tierra que aún permanecen sin baterías, para que las que se generen en los próximos meses, previo a la construcción del lugar de almacenamiento central interno definitivo, puedan ser depositadas allí.

Es de resaltar que, una vez que se tomen las medidas para el reacondicionamiento sugeridas, el sitio aún no cumplirá totalmente con la normativa. Sin embargo, es una recomendación temporal, que sin duda disminuirá en cierta medida los riesgos a la salud y al ambiente, mientras se construye un sitio de almacenamiento central interno definitivo que sí cumpla con la legislación ambiental, momento en que se deberá dismantelar el sitio de almacenamiento actual, como se describirá más adelante.

### **VI.3.2. PROPOSICIÓN DE UN DISEÑO CONCEPTUAL PARA EL SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO**

En esta sección se sugieren ciertos lineamientos para el diseño de un galpón destinado al almacenamiento de materiales recuperables peligrosos, y además, se propone el diseño conceptual (que cumple con el reglamento para el almacenamiento de materiales recuperables peligrosos que aparece en las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos”, Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98) de una zona especial, ubicada dentro de dicho galpón, para el almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas que se vayan generando en la C.A. Metro de Caracas, mientras se decide su destino final, que, como se expondrá más adelante, podría ser su comercialización con empresas recicladoras.

Se recomienda que, a la brevedad posible, la empresa adapte a sus instalaciones, el galpón que será sugerido, y que además, diseñe los espacios restantes dentro del mismo, de tal forma que se ajusten al almacenamiento de los demás materiales recuperables peligrosos generados, tales como los aceites gastados, las Baterías de Níquel-Cadmio, entre otros, planificando su

ubicación dentro de dicho galpón de acuerdo al cuadro de incompatibilidad del Anexo E de las normas referidas con anterioridad.

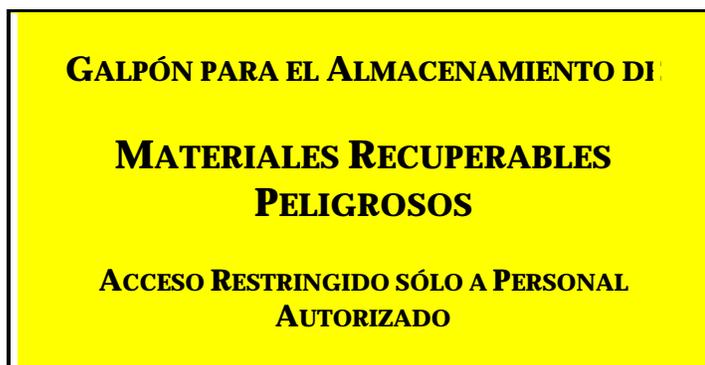
**❖ CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GALPÓN PARA  
EL ALMACENAMIENTO DE MATERIALES  
RECUPERABLES PELIGROSOS**

El Croquis N° 2 muestra un esquema general del galpón propuesto, señalando la ubicación del lugar especial destinado al almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas y la zona que se sugiere, sea empleada para el almacenamiento de los materiales recuperables peligrosos restantes.

Las características generales del galpón propuesto son las siguientes:

- La superficie debe ser acorde con la disponibilidad de las instalaciones de la empresa, y al mismo tiempo, con el volumen actual y la tasa de generación futura de los materiales recuperables peligrosos generados. Se recomienda a la C.A. Metro de Caracas, que lo antes posible, realice un trabajo similar al presente con cada uno de los materiales recuperables peligrosos restantes y de esta forma, entre otras cosas, se puedan determinar las dimensiones óptimas que debe tener este lugar.
- La estructura propuesta es de acero, con techos laminados y paredes de bloque, ventilación (romanillas) de aluminio en techo y paredes, iluminación con lámparas a prueba de explosión e iluminación natural con láminas de techo traslúcidas. El piso y el acceso deberán estar diseñados para soportar el peso y la entrada de un montacargas y el concreto a utilizar debe ser resistente a ácidos y otros químicos.

- Se debe demarcar la separación entre las distintas zonas de almacenamiento con pintura, de tal forma que se diferencien claramente los límites de cada una de ellas.
- En la entrada debe aparecer un anuncio como el siguiente:



**Fuente:** Elaboración propia, 2.001

❖ **CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR ESPECIAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS DENTRO DEL GALPÓN**

Los detalles específicos del lugar especial destinado al almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas (con indicación de dimensiones y realizado a escala), se muestran en el Plano N° 2.

Los datos que se utilizaron para el diseño de las dimensiones de este lugar fueron los siguientes:

- Dimensión de las paletas que contendrán a las baterías: 1,40 x 1,40 metros.
- Distancia desde las paletas hasta la pared: 1,00 metros.
- Distancia desde el extremo de las paletas a la demarcación que separa las zonas de almacenamiento dentro del galpón: 2,00 metros.

- Dimensión del portón: 5,60 metros de largo, de tal forma que pueda entrar un montacargas fácilmente.
- Distancia desde el extremo de las paletas hasta la fosa de recolección: 1,50 metros.
- Cantidad de paletas previstas para el almacenamiento de las baterías: dieciséis (16), ya que se considera que es un número razonable como para almacenar la cantidad de baterías que se vayan generando mientras se decide su destino final (posible comercialización). Las dieciséis (16) paletas se ubicarán dentro del lugar de almacenamiento, formando dos (2) pisos, colocando las primeras ocho (8) sobre el suelo, y las restantes sobre una estantería industrial de 1,00 metros de altura, 3,00 metros de ancho y 6,00 metros de largo. Se recomienda llenar primero, con baterías usadas, las paletas colocadas directamente sobre el piso.

La capacidad de almacenaje de este espacio se calculó de acuerdo con el número de paletas escogido y el promedio de la superficie que ocupan las baterías, tomando como muestra para los cálculos, las dimensiones y cantidad de las que actualmente están desincorporadas en los Patios y Talleres de Propatria. Es de resaltar que las Baterías de Plomo-ácido usadas que están acumuladas en el lugar de almacenamiento central interno actual que fue descrito con anterioridad, no van a ser mudadas del mismo y que sus cantidades y dimensiones únicamente se utilizaron como referencia.

En el Cuadro N° 5 aparece el área que ocupa cada una de ellas, individualmente y en conjunto, tomando como base de cada batería, su largo por su ancho.

**Cuadro N° 5. Área que ocupan las Baterías de Plomo-ácido Usadas acumuladas en los Patios y Talleres de Propatria.**

CANTIDAD DE BATERÍAS POR MODELO()	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ÁREA UNITARIA (CM <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (CM <sup>2</sup> )
117	25,50	20,50	522,75	61.161,75
470	20,00	18,50	370,00	173.900,00
12	20,50	14,50	297,25	3.567,00
57	20,50	10,00	205,00	11.685,00
12	20,50	10,50	215,25	2.583,00
60	21,00	19,00	399,00	23.940,00
40	23,50	10,50	246,75	9.870,00
39	23,00	17,50	402,50	15.697,50
78	31,00	23,00	713,00	55.614,00
52	26,00	25,40	660,40	34.340,80
29	30,80	23,00	708,40	20.543,60
15	25,50	18,00	459,00	6.885,00
8	30,00	17,00	510,00	4.080,00
<b>989</b>				<b>423.861,62</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2.001.

Al dividir el área que ocupan todas las baterías en conjunto (423.865,62 cm<sup>2</sup>) entre el número total de ellas (989 baterías), se obtuvo que el área promedio que ocupa cada batería es de 428,58 cm<sup>2</sup>, lo cual quiere decir que en el espacio disponible para la colocación de las baterías por paleta (19.60 cm<sup>2</sup>), caben un total de cuarenta y cinco (45). Entonces, la capacidad total promedio del lugar es de 720 baterías (valor que se obtiene al multiplicar el número de baterías por paleta, por el número total de paletas). A esta cantidad es necesario quitarle un 10% de desperdicio de espacio, razón por la cual, la capacidad total promedio estimada del lugar especial para el almacenamiento de las Baterías de Plomo-ácido usadas sugerido, es de 648 baterías (valor referencial).

### **❖ FRECUENCIA DE COMERCIALIZACIÓN DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS ALMACENADAS EN EL LUGAR PROPUESTO**

Con base en este resultado, se recomienda a la C.A. Metro de Caracas, comercializar las baterías con empresas recicladoras (tema que será abordado más adelante) cuando se llene, como máximo, el 80% del lugar. De acuerdo con esto, es importante que la empresa tome las precauciones de tiempo requeridas para iniciar los trámites necesarios para la venta del total de baterías que se hayan acumulado hasta ese momento. A pesar de lo recién propuesto, sería aún más recomendable realizar estas transacciones de venta con una frecuencia mucho mayor, de tal forma de no tener almacenados materiales peligrosos innecesariamente.

En cualquiera de los casos no es recomendable almacenar las Baterías de Plomo-ácido usadas por más de tres (3) años consecutivos, ya que de acuerdo con el Artículo 15 de las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos”, (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), todo material peligroso recuperable que al cabo de este tiempo de generado no haya sido objeto de ningún procedimiento para reutilizarlo, reciclarlo o aprovecharlo, deberá ser manejado como un desecho peligroso.

### **❖ OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO PROPUESTO**

- El diseño de la pendiente del piso debe ser tal que en caso de que ocurra algún tipo de derrame o fuga, el líquido se dirija directamente hacia una

fosa de recolección ubicada a 1,50 metros del extremo de las paletas que se encuentran más lejos de la entrada del galpón.

Para estimar las dimensiones de esta fosa fue necesario calcular primero el volumen promedio que ocupa cada batería, suponiendo que éste es igual al volumen que ocupa el electrolito dentro de la misma. Para esto se tomó como muestra la cantidad de Baterías de Plomo-ácido usadas actualmente desincorporadas en los Patios y Talleres de Propatria, con sus respectivas dimensiones.

En el Cuadro N° 6 aparece el volumen que ocupa cada una de ellas individualmente y en conjunto.

**Cuadro N° 6. Volumen que ocupan las Baterías de Plomo-ácido Usadas acumuladas en los Patios y Talleres de Propatria.**

CANTIDAD DE BATERÍAS POR MODELO	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTO (CM)	VOLUMEN UNITARIO (CM <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL (CM <sup>3</sup> )
117	25,50	20,50	47,50	24.830,00	2.905.183,00
470	20,00	18,50	35,00	12.950,00	6.086.500,00
12	20,50	14,50	34,00	10.106,50	121.278,00
57	20,50	10,00	35,50	7.277,50	414.817,50
12	20,50	10,50	36,50	7.856,62	94.279,50
60	21,00	19,00	65,00	25.935,00	1.556.100,00
40	23,50	10,50	39,00	9.623,25	384.930,00
39	23,00	17,50	30,50	12.276,25	478.773,75
78	31,00	23,00	30,80	21.960,40	1.712.911,00
52	26,00	25,40	36,50	24.104,60	1.253.439,20
29	30,80	23,00	30,00	21.252,00	616.308,00
15	25,50	18,00	24,80	11.383,20	170.748,00
8	30,00	17,00	36,00	18.360,00	146.880,00
<b>989</b>					<b>15.942.147,95</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2.001.

Al dividir el volumen que ocupan todas las baterías en conjunto (15.942.147,95 cm<sup>3</sup>) entre el número total de ellas (989 baterías), se obtuvo que el volumen promedio que ocupa cada batería es de 16.119,46 cm<sup>3</sup> (1,61x10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>).

Suponiendo un caso muy desfavorable en el que el 80% de la capacidad de almacenaje del galpón está lleno (520 baterías, aproximadamente), y se derrama el líquido total contenido en el 40% de las baterías almacenadas, es decir, un volumen de 3,40 m<sup>3</sup> (valor que se obtiene al sacar el 40% de 520 baterías, multiplicado por el volumen promedio que ocupa cada una de ellas), se requeriría que la fosa de recolección tenga un volumen mayor o igual al recién mencionado. Las dimensiones propuestas que cumplen con este volumen son las siguientes:

- Largo: 7,00 metros.
- Ancho: 1,00 metros.
- Profundidad: 0,50 metros

Al calcular el volumen de la fosa de recolección con estas dimensiones (que son medidas prácticas a la hora de construir), se obtiene un valor de 3,50 m<sup>3</sup>, que es mayor que 3,40 m<sup>3</sup> y que cumple con el riesgo estimado.

- Se debe colocar en algún lugar dentro de la zona de almacenamiento, un escaparate con elementos de contención de derrames como cal viva, arena, entre otros, un extintor de incendios y equipos de protección personal como zapatos de seguridad, guantes de goma, delantal de material sintético y lentes de seguridad.
- En la entrada del lugar de almacenamiento especial para las Baterías de Plomo-ácido usadas se debe colocar un cartel como el que se muestra a continuación que advierta el grado de peligrosidad de la zona y el tipo de

material que se encuentra almacenado allí, y al mismo tiempo indique la restricción de entrada a personas no autorizadas.



**Fuente:** Elaboración propia, 2.001

### **VI.3.3. DESMANTELAMIENTO DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO ACTUAL**

Debido a que en el sitio de almacenamiento central interno actual se han acumulado materiales peligrosos, se recomienda que una vez construido el galpón propuesto en la sección anterior, se realice el desmantelamiento y saneamiento del primero, cumpliendo con las siguientes actividades propuestas:

- Remover la capa superior de tierra, una profundidad aproximada de 20 a 30 centímetros, reponiéndola con tierra limpia no contaminada, ya que la primera ha sido impregnada con las fugas y derrames de ácido sulfúrico presente en el electrolito de las Baterías de Plomo-ácido usadas durante el tiempo en que éstas últimas han permanecido allí.
- Colocar sobre la tierra limpia una capa de piedra picada, cuya función es la de contribuir a la absorción de las aguas de lluvia.

- Realizar actividades de limpieza del asfalto con productos de limpieza de uso común.
- Desmontar toda la infraestructura que fue colocada para el reacondicionamiento del lugar.
- Tanto la tierra como las láminas de plástico removidas, deben ser colocadas en contenedores, pues, por haber estado en contacto con materiales peligrosos, se consideran peligrosos y deben ser manejados como tal.

#### **VI.4. RECICLAJE MEDIANTE LA COMERCIALIZACIÓN DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS CON OTRAS EMPRESAS**

Aún cuando es muy importante aplicar las técnicas de minimización en el orden que fue indicado en el marco teórico del presente trabajo, estudiando primero las posibilidades de reducción en la fuente, en este caso, por muy óptima que sea la opción de minimización, siempre se generarán Baterías de Plomo-ácido usadas, razón por la cual se hace necesario pensar en un destino final para ellas.

La comercialización es una opción que consiste en la búsqueda de empresas externas interesadas en la retirada de las Baterías de Plomo-ácido usadas, y para quienes este tipo de material, es útil como materia prima o segunda materia, estando dispuestas a pagar dinero por él. En este caso, las baterías se convierten en un sub-producto que es vendido a dicha empresa externa.

En el presente Trabajo de Grado se logró realizar un contacto con dos (2) empresas venezolanas (Acumuladores Duncan C.A. y Fundición de Metales

C.A.) que están interesadas en el reciclaje de las Baterías de Plomo-ácido usadas generadas por la C.A. Metro de Caracas.

En este proceso se recomienda a la C.A. Metro de Caracas:

- Darle continuidad a las conversaciones sostenidas con las dos (2) empresas recicladoras interesadas en la compra de las Baterías de Plomo-ácido usadas, de tal forma de escoger la opción más viable y beneficiosa de acuerdo con sus condiciones y posibilidades.
- Que una vez que se llegue a algún acuerdo, sea cual sea la empresa escogida, se vendan, en primer lugar, las Baterías de Plomo-ácido usadas que están acumuladas en el lugar de almacenamiento central interno actual, lo más pronto posible debido al tiempo que llevan acumuladas (dos (2) años y medio), ya que de acuerdo con el Artículo 15, todo material peligroso recuperable que al cabo de tres (3) años de su generación no haya sido objeto de ningún procedimiento para reutilizarlo, reciclarlo o aprovecharlo, deberá ser manejado como un desecho peligroso.
- Dentro de lo posible, llegar a un convenio a futuro con la empresa escogida, donde ésta última retire las Baterías de Plomo-ácido usadas al momento de su desinstalación e instalación de las baterías nuevas. De esta forma se evitaría pasar por el proceso de almacenamiento temporal interno, obteniendo un beneficio económico y una reducción de esfuerzos.
- Darle a las Baterías de Plomo-ácido en funcionamiento y/o usadas, como se mencionó en una de las secciones anteriores, un mantenimiento completo y/o un almacenamiento adecuado, de tal forma que su cotización en el mercado sea mayor, obteniéndose beneficios económicos

más altos, y a su vez, disminuyendo los riesgos por causa de un mal estado de las baterías.

El resultado de las conversaciones con ambas empresas se presenta a continuación.

#### **VI.4.1. ACUMULADORES DUNCAN C.A.**

De las entrevistas sostenidas con el Ingeniero Jesús Fuenmayor, Gerente de Investigación y Desarrollo de Mercado de la empresa Acumuladores Duncan C.A., se obtuvo la siguiente información:

- La empresa está registrada en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales como manejadora de desechos o materiales peligrosos, bajo el número 1392GG0010 del 27-10-92, y recibe del mismo visitas de planta periódicas para supervisar el funcionamiento del proceso de reciclaje de las Baterías de Plomo-ácido usadas que se realiza en la Fundación del Centro, en Turmero, Estado Aragua, cuyo Gerente de Planta es el Ing. Aurelio Romero, quien guió una visita por la misma y explicó todo el proceso que fue descrito en la Sección II.3.4. “Situación del Manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas en Venezuela”.
- Acumuladores Duncan C.A., cuenta con una gran cantidad de empresas y particulares que le suministran Baterías de Plomo-ácido usadas (en su mayoría automotrices), entre las cuales se encuentran: Lucent, CANTV, PDVSA, Enelven, Cadafe, General Motors, Chrisler, Ford, particulares chatarreros, entre otros.
- Esta empresa está interesada en la adquisición de la totalidad de las Baterías de Plomo-ácido usadas (sin importar su estado ni su marca) que

se encuentran desincorporadas actualmente en los Patios y Talleres de Propatria. Además estarían dispuestos a llegar a un convenio con la C.A. Metro de Caracas para que al momento de la instalación de las baterías nuevas, se lleven las usadas.

- Debido al estado en el que se encuentran las baterías actualmente desincorporadas en la C.A. metro de Caracas, el precio que estarían dispuestos a pagar por ellas gira alrededor de los 10 a 15 Bolívares por kilogramo de baterías (valor referencial), claro está, que también dependería de la empresa que realice su transporte.
- En caso de que se llegue a un acuerdo entre la C.A. Metro de Caracas y Acumuladores Duncan C.A., ésta última enviaría una orden de compra, que la primera debe aceptar y firmar para que se lleve a cabo todo el proceso.

#### **VI.4.2. FUNDICIÓN DE METALES C.A.**

De las entrevistas sostenidas con el Ingeniero Víctor de Nogalde, Gerente de Logística de Compras de la empresa Fundición de Metales C.A., se obtuvo la siguiente información:

- La empresa está registrada en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales como manejadora de desechos o materiales peligrosos, bajo el Oficio N° 003 del 29-12-00, y recibe del mismo visitas de planta periódicas cada dos (2) meses para supervisar el funcionamiento del proceso de reciclaje de las Baterías de Plomo-ácido usadas que se realiza en la Planta Fun-Metal C.A., ubicada en Mariara, Estado Carabobo. Tal proceso fue descrito por el Ing. Víctor de Nogalde.

- Fundición de Metales C.A., cuenta con aproximadamente ochenta (80) empresas y/o particulares que le suministran Baterías de Plomo-ácido usadas (en su mayoría automotrices), cuyos nombres, dicha empresa se reserva, por razones estratégicas.
- Esta empresa está interesada en la adquisición de la totalidad de las Baterías de Plomo-ácido usadas sin aclarar la posibilidad de un convenio a futuro.
- El precio que estarían dispuestos a pagar por las baterías depende del transporte. Si las mismas son cargadas, retiradas de la C.A. Metro de Caracas y transportadas por la empresa recicladora, el precio por kilogramo de batería sería de 20 Bolívares. Si las baterías son entregadas en la planta Fun-Metal C.A., el precio por kilogramo de baterías sería de 30 Bolívares.

#### **VI.5. NORMALIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE MANEJO INTERNO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Se recomienda a la C.A. Metro de Caracas realizar la adaptación de las operaciones de manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas a la normativa venezolana y a las buenas prácticas que rigen la materia, y de igual manera, ejecutar un entrenamiento en las mismas a todos los empleados y trabajadores involucrados, con el fin de evitar o minimizar los riesgos a la salud y al ambiente que pudieran ser causados por el manejo que se realiza actualmente.

Además de evitar o minimizar los riesgos, un manejo controlado ayudará a conservar las baterías usadas en buen estado y permitirá a la empresa obtener

mayores beneficios económicos por su venta o canje a las empresas que las reutilizan en sus procesos de reciclaje.

Así mismo, la normalización de las operaciones de manejo interno también evitará potenciales acciones por parte del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales derivadas de sus visitas de inspección.

Con estos fines, en esta sección se describen las operaciones de transporte y almacenamiento interno de las Baterías de Plomo-ácido, recomendadas a la empresa y se definen los responsables de su ejecución. También se señalan los aspectos básicos de seguridad e higiene industrial necesarios para la manipulación de este tipo de baterías por parte de los trabajadores involucrados y las acciones básicas de emergencia en caso de derrames del electrolito.

A manera de proposición, al final de esta sección (ver punto VI.5.3. “Instrumentos de Registro de Información”) aparecerán una serie de planillas a las cuales se hará referencia durante la descripción de la normalización de las operaciones de manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas, planillas que podrán servir para llevar un registro detallado de todas estas actividades.

Las operaciones de manejo interno descritas en esta sección podrán servir de referencia para redactar las del manejo de otros desechos o materiales recuperables peligrosos que se generen en la empresa.

### **VI.5.1. OPERACIONES DE MANEJO INTERNO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

A continuación se describen las propuestas para la regulación de las operaciones de almacenamiento in situ, recolección y transporte, y almacenamiento central interno de las Baterías de Plomo-ácido, una vez que culmina su vida útil.

#### **❖ ALMACENAMIENTO IN SITU**

Se recomienda que no haya almacenamiento in situ de las Baterías de Plomo-ácido usadas en los lugares donde funcionan; las mismas deben ser transportadas hasta el sitio de almacenamiento central interno en el mismo momento en que se generen, tal como se hace actualmente. Por otra parte, bajo ninguna circunstancia debe permitirse depositar baterías usadas dentro de los contenedores de desechos domésticos ni dejarlas en sitios dispersos, dentro o fuera de la empresa.

Tanto la C.A. Metro de Caracas, en su carácter de generador del material recuperable peligroso, como la empresa de transporte de baterías deberán firmar la Guía de Despacho Interno del material (Planilla A).

#### **❖ RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE INTERNO**

- La recolección y el transporte de las Baterías de Plomo-ácido usadas, desde el lugar en el que funcionan hasta el sitio de almacenamiento central interno, debe estar a cargo de la empresa proveedora de baterías, tal como se hace actualmente. Dicha empresa debe estar registrada en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales como manejador de desechos o materiales recuperables peligrosos, lo cual garantizará las

condiciones exigidas por este organismo para un transporte seguro. En los momentos en que se contacten nuevas empresas proveedoras, se recomienda que exista una exigencia contractual para que se realice la recolección y el transporte indicados y el registro actualizado respectivo.

- En casos especiales en los que la C.A. Metro de Caracas necesite contratar un transportista o usar sus propios vehículos para el transporte de las baterías usadas, se debe cuidar que los vehículos que utilice no sean los dedicados al transporte de pasajeros, alimentos, agua potable u otros bienes de consumo que puedan contaminarse con el ácido sulfúrico presente en el electrolito de las baterías. Tampoco se podrán trasladar en el mismo vehículo simultáneamente, desechos o materiales recuperables peligrosos incompatibles de acuerdo al Anexo E de las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98).
- Se debe vigilar que los vehículos de transporte tengan los cauchos en buen estado y que, en general, reciban un mantenimiento periódico programado.
- El transporte debe ser efectuado siguiendo las mismas normas de seguridad establecidas para el transporte terrestre.
- Las baterías deben ser colocadas sobre paletas en posición vertical, evitando el apilamiento, deben estar bien sujetas para evitar caídas, y preferiblemente deben estar cubiertas con una lona o encerado.
- En todo momento deben evitarse las fugas de ácido sulfúrico a la vía pública durante el transporte.

- Se recomienda elaborar un procedimiento de contingencia donde se establezcan las acciones a tomar en caso de ocurrir un accidente o incidente en la vía pública o las vías internas del Patio.
- En el caso en que la C.A. Metro de Caracas llegue a un convenio de venta o canje de las Baterías de Plomo-ácido usadas, lo ideal es llegar a un acuerdo en el que la empresa compradora, transporte estas baterías directamente a su lugar de tratamiento, de tal forma que se evite un transporte inútil dentro de las instalaciones de la C.A. Metro de Caracas.

#### **❖ LUGAR DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO**

Como ya se explicó anteriormente, el sitio de almacenamiento central interno actual de las Baterías de Plomo-ácido usadas está localizado en las instalaciones de los Patios y Talleres de Propatria. Allí deberán ser transportadas las baterías usadas que se vayan generando hasta que se construya el sitio de almacenamiento propuesto en una de las secciones anteriores.

Tanto en un sitio, como en el otro, se recomiendan las siguientes medidas de control:

- Chequear el estado del material que llegue y firmar la Guía de Despacho Interno (ver Planilla A).
- Colocar las baterías en paletas, siempre en posición vertical, sin apilarlas. Las paletas deben estar colocadas en hileras distribuidas de tal manera que permitan el libre paso.
- Particularmente en el sitio de almacenamiento existente es recomendable depositar las baterías únicamente en el piso de asfalto o sobre el material

plástico mencionado cuando se describió el “Reacondicionamiento del Lugar de Almacenamiento Central Interno Actual”.

- ❑ No debe permitirse descansar, fumar, comer o beber dentro del sitio de almacenamiento.
- ❑ Los trabajadores involucrados en el manejo de los desechos deben usar correctamente el equipo de protección personal adecuado al riesgo.
- ❑ Chequear periódicamente los extintores presentes en el sitio de almacenamiento.
- ❑ Llevar un registro actualizado de la entrada y salida de baterías. Más adelante se incluye un formato sencillo propuesto que puede servir de modelo para tal fin (ver Planilla C).
- ❑ Prohibir terminantemente el depósito de baterías usadas en lugares diferentes al indicado.
- ❑ Especialmente en el sitio existente conviene restringir el uso de la vía interna para la práctica de ejercicios físicos, retomándola una vez que se construya el lugar definitivo y se desmantele la instalación actual.
- ❑ Comercializar los materiales lo más pronto posible (ver Sección VI.4. “Reciclaje mediante la Comercialización de las Baterías de Plomo-ácido Usadas con otras Empresas”). Se debe firmar la Guía de Despacho Externo cada vez que se realice esta operación (ver Planilla B) y además se debe realizar un seguimiento de las baterías una vez que se encuentran en manos de la empresa recicladora, punto que será explicado en la Sección VI.6. “Seguimiento y Control del Manejo Interno y Externo de las baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa”.

- Realizar actividades de seguimiento y control de las normas y procedimientos de manejo propuestos, tal como se expondrá también en la sección siguiente.

#### **❖ MANIPULACIÓN DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO POR PARTE DE LOS TRABAJADORES**

Los trabajadores que realicen la recolección y colocación de las baterías usadas en el área de almacenamiento y en el vehículo de transporte, deberán utilizar un equipo de protección personal compuesto por zapatos de seguridad, guantes de goma, delantal de material sintético y lentes de seguridad.

#### **❖ ACCIONES BÁSICAS EN CASO DE DERRAMES DE ELECTROLITO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO ALMACENADAS**

- No toque el material derramado.
- Aísle el área de riesgo y no permita el ingreso.
- Manténgase a favor del viento.
- Recoja el derrame con arena u otro material incombustible absorbente como la cal viva y póngalo en contenedores para su posterior eliminación.

### **VI.5.2. RESPONSABLES DE LAS OPERACIONES DE MANEJO INTERNO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

El ente responsable dentro de la empresa de las operaciones de manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas es la División de

Electromecánica. Por lo tanto se recomienda que sea su personal quien se encargue de llevar el control de todas las operaciones de manejo interno recién sugeridas para lograr la normalización de la situación que se vive actualmente (2.001) con las Baterías de Plomo-ácido usadas en la C.A. Metro de Caracas.

Sin embargo, es muy importante dejar claro que el manejo de las baterías usadas y la gestión ambiental en general, no son responsabilidad solamente de una unidad organizativa de la C.A. Metro de Caracas, sino que deben tener participación diferentes áreas de la empresa, con una responsabilidad definida de acuerdo a las funciones que cumplen dentro de la organización. A continuación se mencionan algunas de las más importantes (con aplicación al caso en estudio) y sus responsabilidades específicas.

- **Área Económico-Financiera:** ahorros de costos, mediante reciclaje o reutilización de las Baterías de Plomo-ácido usadas; solicitud de préstamos para proyectos de mejoramiento en materia ambiental; seguros; definición de la estructura financiera óptima para la puesta en marcha de medidas ambientales preventivas y correctivas, considerando el análisis de costos de las nuevas inversiones, los beneficios económicos de la inversión y las posibles fuentes de financiamiento.
- **Área de Investigación y Desarrollo:** Estudio de cambios en las tecnologías usadas, bajo el enfoque de que se minimicen los daños al ambiente y no entrañen excesivos costos.
- **Área de Compras:** diseño y ejecución de un plan de relación de proveedores cuyas materias primas y auxiliares utilizadas en el proceso minimicen los impactos ambientales.

- **Área de Almacén:** diseño de mejoras en la gestión de almacenamiento de baterías nuevas y/o usadas para mantenerlas en buen estado.
- **Área de Transporte:** aumento de la seguridad en el transporte de las baterías, de manera que se minimice el riesgo que podrían ocasionar en el medio físico-natural, como por ejemplo: derrame de sustancias peligrosas.
- **Área de Mantenimiento:** diseño de un plan de mejora del mantenimiento de las instalaciones que minimice la generación de baterías.
- **Área Jurídica:** recopilación de las regulaciones ambientales aplicables; verificación del cumplimiento de los estándares ambientales; evaluación de las responsabilidades existentes; reducción del riesgo de infringir la legislación; facilitar las relaciones con el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales; prever la natural evolución de la normativa y la disminución de los límites permisibles; tramitación de registros, permisos y documentación necesaria para el normal desarrollo de la actividad.
- **Área de Seguridad e Higiene Industrial:** delimitación de las áreas de riesgo potencial; análisis de los procedimientos con que cuenta la actividad para garantizar la seguridad e higiene en el trabajo; diseño de los planes de emergencia; diseño del plan de seguridad e higiene para el manejo; puede tener a su cargo el seguimiento y control del manejo.

No está de más resaltar la comunicación que debe existir entre las mismas para el éxito de la gestión de manejo.

### **VI.5.3. INSTRUMENTOS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN**

En una gestión de manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas es conveniente, tanto planificar, como documentar la información a partir del

momento en que las mismas salen de servicio, con el objeto de llevar un mejor control de este material recuperable peligroso y de facilitar la información sobre su situación en un momento determinado, tanto a personal de la C.A. Metro de Caracas, como al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, en los casos en que ésta sea solicitada.

Para la normalización de las operaciones de manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas generadas en la C.A. Metro de Caracas y para parte de las actividades de reciclaje de las mismas mediante su comercialización con otras empresas, se diseñaron cuatro (4) instrumentos de registro de información, cuyas identificaciones y nombres se muestran a continuación.

<b>PLANILLA</b>	<b>NOMBRE DEL INSTRUMENTO</b>
A	Guía de Despacho Interno de Baterías Usadas
B	Guía de Despacho Externo de Baterías Usadas
C	Control de Entrada y Salida de Baterías Usadas al/del Sitio de Almacenamiento Central Interno
D	Resumen Anual de Generación y Manejo Interno de Desechos o Materiales Recuperables

Cada uno de estos instrumentos son descritos brevemente a continuación y serán mostrados al final de la sección.

#### **❖ PLANILLA A. GUÍA DE DESPACHO INTERNO DE BATERÍAS USADAS**

Esta planilla se usa para registrar la información sobre las actividades de manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas desde su origen hasta el sitio de almacenamiento central interno de la C.A. Metro de Caracas.

La misma consta de varias casillas para asentar datos sobre la unidad generadora, las características de las baterías desincorporadas, el transportista

y el almacenamiento temporal, contando con espacios especiales para colocar las firmas de los responsables de cada una de estas actividades.

Esta guía se deberá utilizar cada vez que se realicen operaciones de manejo interno de Baterías de Plomo-ácido usadas, y mediante la información registrada se podrá llevar un resumen periódico de las actividades (Planilla C).

#### **❖ PLANILLA B. GUÍA DE DESPACHO EXTERNO DE BATERÍAS USADAS**

Esta planilla se usa para registrar la información sobre las actividades de manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas, desde el sitio de generación y/o de almacenamiento central interno de la C.A. Metro de Caracas, hasta la empresa de reciclaje, lo cual dependerá del tipo de convenio al que se haya llegado entre ambas partes.

La misma consta de varias casillas para asentar datos sobre la unidad generadora, las características de las baterías transportadas, el transportista y la empresa recicladora, con espacios especiales para colocar las firmas de los responsables de cada una de estas actividades.

Esta guía se deberá utilizar cada vez que hayan operaciones de manejo externo de Baterías de Plomo-ácido usadas, y mediante la información registrada se llevará un resumen periódico de las actividades (Planilla C).

**❖ PLANILLA C. CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA DE BATERÍAS USADAS AL/DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO**

Esta planilla se utilizará para asentar, durante un lapso de tiempo determinado, todos los movimientos de entrada y salida de las baterías usadas al/del área de almacenamiento central interno.

La misma cuenta con espacios especiales para registrar las cantidades de material en almacén, una vez realizados los movimientos.

**❖ PLANILLA D. RESUMEN ANUAL DEL MANEJO INTERNO Y EXTERNO DE BATERÍAS USADAS**

La idea del diseño de esta planilla es la de recopilar, en la C.A. Metro de Caracas, estadísticas acerca de la generación y la venta anual de las Baterías de Plomo-ácido usadas, de tal forma que se pueda conocer su tasa de generación y su frecuencia de venta, y de esta forma se puedan tomar el tipo de provisiones necesarias, en caso de que así se requiera en algún momento.

Adicionalmente, esta planilla se podrá utilizar para asentar, anualmente, todos los movimientos de entrada y salida de las Baterías de Plomo-ácido usadas al/del sitio de almacenamiento central interno, tomando como insumo para realizar este registro, las Planillas A y B que se hayan utilizado hasta ese momento.

**Planilla A. GUÍA DE DESPACHO INTERNO DE BATERÍAS USADAS** N° \_\_\_\_\_  
**C.A. METRO DE CARACAS**

**GENERACIÓN**

ESTACIÓN GENERADORA:

Telf/Fax:

**Material: Baterías de Plomo-ácido usadas**

Marca	Modelo	Cantidad generada	Peso

**Destino: Sitio de almacenamiento central interno Patio I**

**Instrucciones especiales e información adicional:**

**Reconocimiento del generador:**

He descrito apropiadamente el material arriba indicado para su transporte y he notificado al operador de la instalación a la cual va dirigida, quien ha aceptado este embarque.

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**TRANSPORTE**

Nombre del conductor:

Placa y marca del  
vehículo:

Licencia de conducir:

Registro MARN:

**Reconocimiento del transportista:**

Acuso recibo del material arriba indicado para su transporte, conozco sus características, conozco el plan de contingencia en caso de accidente.

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO**

Patio:

Telf/Fax:

**Reconocimiento del jefe de almacén:**

Acuso recibo del material arriba indicado para su almacenamiento temporal interno. Conozco sus características y el plan de contingencia en caso de accidentes.

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Planilla B. GUÍA DE DESPACHO EXTERNO DE BATERÍAS USADAS N° \_\_\_\_\_****GENERACIÓN O ALMACENAMIENTO**NOMBRE: **C.A. METRO DE CARACAS** Telf/Fax: Dirección:**Material: Baterías de Plomo-ácido usadas**

Marca	Modelo	Cantidad generada	Peso	Precio

**Destino:****Instrucciones especiales e información adicional:****Reconocimiento del generador o jefe de almacén:**

He descrito apropiadamente el material arriba indicado para su transporte y he notificado al operador de la instalación a la cual va dirigida, quien ha aceptado este embarque.

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**TRANSPORTE**

Nombre del conductor: Placa y marca del vehículo: Licencia de conducir: Registro MARN:

**Reconocimiento del transportista:**

Acuso recibo del material arriba indicado para su transporte, conozco sus características, conozco el plan de contingencia en caso de accidente. Si no es aceptado en la instalación designada, devolveré el material al generador para instrucciones adicionales.

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**OPERADOR DE LA INSTALACIÓN DE RECICLAJE Y/O TRATAMIENTO**

Nombre: Telf/Fax: Dirección: Registro MARN:

**Reconocimiento del operador de la instalación:**

Acuso recibo del material arriba indicado para su reciclaje y/o tratamiento. Conozco sus características, el plan de contingencia en caso de accidente y el tipo de tratamiento a ser seguido de acuerdo al nivel de riesgo.

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Planilla C. CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA DE BATERÍAS USADAS AL/D EL  
SITIO DE ALMACENAMIENTO CENTRAL INTERNO**

**C.A. METRO DE CARACAS**

**LAPSO DE TIEMPO:**

ENTRADA AL ALMACÉN

Nº	Fecha	Cantidad	Guía de Despacho Nº	<b>Total en almacén</b>

SALIDA DEL ALMACÉN

Nº	Fecha	Cantidad	Guía de Despacho Nº	<b>Total en almacén</b>

Firma del encargado del almacén: \_\_\_\_\_

**Planilla D. RESUMEN ANUAL DE GENERACIÓN Y MANEJO INTERNO Y EXTERNO DE BATERÍAS USADAS****C.A. METRO DE CARACAS**

<b>GENERACIÓN Y MANEJO</b>	<b>Año:</b>				
	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:
Cantidad generada					
Estación generadora					
Tipo de vehículo de recolección					
Empresa de transporte					
Lugar de almacenamiento interno					
Cantidad vendida (señalar fecha si es diferente a la fecha de generación)					
Empresa de transporte externo (en caso que sea diferente a la empresa recicladora)					
Empresa recicladora					
<b>Total de baterías generadas en el año</b>					
<b>Total de baterías vendidas en el año</b>					

## **VI.6. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL MANEJO INTERNO Y EXTERNO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

El seguimiento y control de las operaciones de manejo tiene por objeto, verificar, por medio de visitas e inspecciones, que las actividades especificadas para el manejo interno y externo de las Baterías de Plomo-ácido usadas, se cumplan, y al mismo tiempo emitir recomendaciones para corregir las irregularidades detectadas.

Para ello, esta sección formula las principales actividades a ejecutar durante el transporte y el almacenamiento interno de las baterías y durante su tratamiento en las empresas recicladoras. También describe los instrumentos de registro de información que se requieren para llevarlas a cabo de una manera ordenada y completa, y proporciona unas breves sugerencias para definir la responsabilidad de su realización.

### **VI.6.1. ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL**

Los principales puntos de seguimiento y control del manejo interno y externo de las baterías usadas son los siguientes:

#### **❖ PARA EL MANEJO INTERNO**

- ❑ Velar por que el vehículo de transporte tenga la carga bien asegurada, para evitar caídas durante el recorrido.
- ❑ Asegurar que no se produzcan fugas en el trayecto.
- ❑ Inspeccionar los recipientes de las baterías en espera de ser transportadas, con el objeto de detectar fugas, corrosión, golpes, etc.

- Verificar que a los extintores en el sitio de almacenamiento, se les haya hecho el chequeo periódico.
- Comprobar que existen elementos de contención y limpieza apropiados en caso de fugas y mecanismos de comunicación para reportar cualquier emergencia en el sitio de almacenamiento.
- Verificar que el señalamiento del sitio se conserva en buen estado durante su operación.
- Asegurarse de que el almacenamiento es dedicado exclusivamente a las Baterías de Plomo-ácido usadas y de que no coloquen desechos incompatibles cercanos.
- Examinar que el piso no tenga rajaduras o cuarteaduras por las cuales se puedan filtrar los desechos peligrosos en caso de fugas o derrames y que tenga la pendiente hacia una tanquilla recolectora ciega.
- Velar por que se lleve un registro actualizado de las tasas de generación.
- Comprobar que los trabajadores involucrados en el manejo usan correctamente el equipo de protección personal adecuado al riesgo.

#### **❖ PARA EL MANEJO EXTERNO**

Los puntos de seguimiento y control del manejo externo se aplican a las actividades de reutilización del plomo y al tratamiento de la bakelita y del electrolito por parte de la empresa recicladora.

Aunque la empresa recicladora esté inscrita en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales y éste se encargue de verificar que cumple los requisitos de protección a la salud y al ambiente en sus operaciones, es

importante que la C.A. Metro de Caracas, como generador responsable del manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas, en todas sus etapas, realice un seguimiento a las operaciones de reciclaje de dicha empresa.

En este sentido, se deberán realizar las siguientes acciones:

- ❑ Comprobar que la empresa recicladora tenga el registro actualizado en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.
- ❑ Chequear que se disponga de un procedimiento de emergencia en caso de derrames durante el recorrido.
- ❑ Asegurar que el proceso de reciclaje del plomo cumpla con la normativa ambiental aplicable.
- ❑ Verificar que el proceso mediante el cual la bakelita se transforma en escoria, cumple con la legislación venezolana.
- ❑ Comprobar que se cumplan las normas de descarga del efluente tratado en la planta de tratamiento del electrolito.

#### **VI.6.2. RESPONSABLES DEL SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Al comienzo, se sugiere que las actividades de seguimiento y control del manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas se realicen por la misma unidad que efectúa su operación y mantenimiento (División de Electromecánica).

A medida que se vayan adoptando medidas de manejo para los diferentes desechos o materiales generados en la C.A. Metro de Caracas y conformando

un Plan de Manejo de Desechos y Materiales Recuperables de la empresa, es necesario estudiar la necesidad de crear una unidad o de ampliar una existente, que tenga a su cargo las actividades de coordinación, seguimiento y control, y que se encargue de:

- Verificar si las operaciones de manejo se cumplen de acuerdo con la legislación venezolana.
- Dar asesoramiento a las unidades de mantenimiento en caso de dudas e incumplimientos.
- Elaborar reportes internos y registros oficiales.

Para esto se pueden entrenar a los profesionales de higiene y seguridad industrial de la empresa y/o integrar especialistas en protección ambiental para que formen parte de la plantilla de empleados. En todo caso se sugiere que estén adscritos a la Gerencia Corporativa de Protección Integral de C.A. Metro de Caracas.

### **VI.6.3. FRECUENCIA DE INSPECCIONES**

Para el transporte y almacenamiento central interno de las Baterías de Plomo-ácido, se sugiere una inspección cada vez que ocurran cambios de baterías cualquiera que sea su ubicación. Si llegase a haber mucho tiempo entre un cambio y el otro, se recomienda que la frecuencia de inspección al sitio de almacenamiento interno, sea mensual. Para el manejo externo de las baterías, se recomienda una frecuencia de inspecciones anual.

#### **VI.6.4. INSTRUMENTOS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN**

El uso de instrumentos de registro de información en el seguimiento y control del manejo de Baterías de Plomo-ácido usadas, tiene como objetivos, asentar de manera ordenada y completa las situaciones observadas durante las inspecciones, medir la eficiencia en el cumplimiento de las medidas recomendadas, y llevar un balance de las recomendaciones emitidas y realizadas en caso de detectar irregularidades en las operaciones de manejo.

Se sugiere que los instrumentos propuestos en esta sección sean ajustados con la experiencia ganada en el transcurso de las operaciones de manejo, con el fin de contar con planillas que reflejen lo más completamente posible todas aquellas situaciones que confirman, mediante evidencias objetivas, que los requisitos especificados en las operaciones de manejo, han sido cumplidos.

Para las actividades de seguimiento y control se elaboraron tres (3) instrumentos de registro de información, cuyos números y nombres se muestran a continuación.

<b>PLANILLA N°</b>	<b>NOMBRE DEL INSTRUMENTO</b>
1	Inspección de las actividades de manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido Usadas
2	Inspección de las actividades de manejo externo de las Baterías de Plomo-ácido Usadas
3	Resumen de irregularidades y recomendaciones

A continuación se describen los instrumentos mencionados, que serán mostrados al final de esta sección.

**❖ PLANILLA 1. INSPECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANEJO INTERNO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS**

Esta planilla constituye una lista de chequeo y evaluación para ser usada en las inspecciones de las actividades de manejo interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas, disponiendo al mismo tiempo, de espacios para asentar las observaciones y recomendaciones preliminares que se deriven del trabajo de campo. El rendimiento o la eficiencia en el manejo es expresada en porcentaje.

Esta planilla también cuenta con un espacio especial para asentar la fecha de compromiso de corrección de las irregularidades detectadas que hayan sido acordadas con la unidad responsable de las operaciones de manejo.

**❖ PLANILLA 2. INSPECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANEJO EXTERNO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS**

Esta planilla es una lista de chequeo para ser usada en las inspecciones de las actividades de manejo externo de las Baterías de Plomo-ácido usadas, disponiendo al mismo tiempo, de un espacio para anotar algunas palabras claves sobre las irregularidades detectadas en cada punto evaluado.

Antes de proceder a la inspección se deben definir las actividades de manejo a inspeccionar de acuerdo a la instalación, siguiendo lo establecido en la normativa venezolana sobre la materia. Estas actividades serán colocadas en la columna “Actividades de manejo o instalación” de la planilla.

Esta planilla también cuenta con un espacio especial para asentar recomendaciones preliminares que van surgiendo en el trabajo de campo, las

cuales serán discutidas con la empresa responsable del manejo externo de las baterías usadas.

### **❖ PLANILLA 3. RESUMEN DE IRREGULARIDADES Y RECOMENDACIONES**

Esta planilla agrupa todas las irregularidades detectadas y las recomendaciones formuladas en un lapso de tiempo determinado, proporcionando una visión general sobre la situación de manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas. Esta visión general se complementa con la medición del cumplimiento de las recomendaciones emitidas, en dicho lapso de tiempo, en forma de porcentaje, pudiendo servir de alerta al gerente de mantenimiento, en caso de eficiencias por debajo del nivel que sea establecido por la C.A. Metro de Caracas.

#### **VI.6.5. ESTIMACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS Y PROCEDIMIENTOS PROPUESTOS**

Para tener una apreciación del cumplimiento de las normas y procedimientos relacionados con el manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas en la C.A. Metro de Caracas, en un lapso de tiempo determinado, se puede hacer uso de una estimación cuantitativa en porcentaje y una evaluación cualitativa asociada.

La fórmula a utilizar para la estimación cuantitativa es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de Cumplimiento} = \frac{\text{Puntuación Obtenida}}{\text{Puntuación Total}} \times 100$$

**Planilla 1. INSPECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANEJO INTERNO DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES  
C.A. METRO DE CARACAS**

Fecha:	Unidad responsable del desecho:			
Desecho o Material Recuperable: Baterías de Plomo-ácido usadas	Fuente:			
Actividades de manejo	Escala de evaluación			
	Nada (0)	Poco (1)	Medio (2)	Total (3)
1. El material se sujeta adecuadamente en el vehículo de transporte				
2. Ocurren botes durante el recorrido				
3. Hay presencia de otros desechos en el sitio de almacenamiento				
4. La identificación y señalización del sitio se encuentran en buen estado				
5. Los trabajadores usan el equipo de protección personal adecuado al manejo				
6. Las baterías se colocan sobre paletas, conservando los espacios requeridos				
7. Se detectan fugas en los recipientes				
8. Existen elementos de contención en caso de fugas o derrames				
9. Hay acumulación excesiva de baterías en el sitio de almacenamiento				
<b>Puntuación</b>				
<b>Porcentaje de rendimiento</b>				
Observaciones (anexar hojas si es necesario):				
Recomendaciones (anexar hojas si es necesario):				
Fechas de compromiso de corrección:		<b>Fechas de corrección:</b>		
Responsable de la inspección (nombre y firma):				

**Planilla 2. INSPECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANEJO EXTERNO DE DESECHOS O MATERIALES RECUPERABLES  
C.A. METRO DE CARACAS**

Fecha:	Empresa de manejo y especialidad:
Desecho o Material Recuperable: Baterías de Plomo-ácido usadas	Fuente:
Actividad de manejo o instalación (llenar con actividades específicas de manejo a inspeccionar)	Resultados
ð	
ð	
ð	
ð	
ð	
ð	
Observaciones adicionales:	
Recomendaciones:	
Responsable de la inspección (nombre y firma):	

**Planilla 3. RESUMEN DE IRREGULARIDADES Y RECOMENDACIONES  
C.A. METRO DE CARACAS**

Fecha:			Lapso:			
Desecho o Material Recuperable: Baterías de Plomo-ácido usadas			Unidad responsable:			
Irregularidad detectada	Fecha de detección	Recomendación propuesta	Fecha de compromiso de corrección	Corregida		Fecha de corrección
				Sí	No	
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
<b>Total</b>						
<b>Porcentaje de cumplimiento de recomendaciones</b>						

Para tener una referencia cualitativa del cumplimiento de las operaciones de manejo de las baterías usadas se puede utilizar la escala de evaluación que se muestra a continuación en el Cuadro N° 7.

**Cuadro N° 7. Evaluación del Cumplimiento global de las Medidas Ambientales**

<b>ESTIMACIÓN CUANTITATIVA</b>	<b>REFERENCIA CUALITATIVA</b>
0 - 25	Cumplimiento muy deficiente
26 - 50	Cumplimiento deficiente
51 - 70	Cumplimiento medio
71 - 90	Buen cumplimiento
91 - 100	Excelente cumplimiento

**Fuente:** Elaboración propia, 2.001.

#### **VI.6.6. INFORME DE LAS ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Como parte de las actividades de seguimiento y control se deben elaborar informes sobre las situaciones detectadas en las actividades de manejo y hacer las recomendaciones propuestas al responsable del manejo.

Estos informes deben ser claros, específicos y completos, en un formato definido, con apoyo documental como fotos, gráficos, croquis y planos, de tal forma que sean capaces de generar un entendimiento preciso de la situación inspeccionada. Se recomienda que se realicen trimestralmente y que conste de, al menos, el siguiente contenido:

- Introducción.
- Objetivos y alcance del informe.
- Procedimientos utilizados en la inspección.
- Resultados de la inspección y porcentaje de rendimiento.

- Recomendaciones organizadas por orden de importancia.
- Anexos.

#### **VI.6.7. BREVE GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO USADAS GENERADAS EN LA EMPRESA**

Las actividades de seguimiento y control del manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas se pueden organizar en tres (3) fases, como se indica a continuación:

- ***Preparación de las Actividades.*** En esta primera fase, el personal encargado del control debe realizar la revisión y organización de las actividades a ejecutar de acuerdo a las operaciones de manejo a inspeccionar, la recopilación y análisis de la información básica y de los antecedentes que necesita conocer para llevar a cabo el trabajo, la recopilación de las planillas que se requerirán en campo y la coordinación con el responsable directo de las instalaciones a revisar.
- ***Ejecución en Campo.*** Después de la preparación de las actividades, se debe proceder al trabajo de campo, teniendo como guía los puntos de control mencionados en la Sección VI.6.1. “Actividades de Seguimiento y Control”. El trabajo de campo se debe realizar mediante recorridos a pie por las instalaciones, elaboración de papeles de trabajo producto de las inspecciones, realización de entrevistas y revisiones de planos, memorias descriptivas y otros documentos. Como parte de la recabación de información se deben tomar fotografías, realizar croquis para ilustrar las situaciones encontradas, cuando y donde se estime conveniente y

adicionalmente se debe rellenar la planilla correspondiente al tipo de inspección.

En esta fase el personal de seguimiento y control debe trabajar estrechamente con el personal de mantenimiento, con el objeto de recibir apoyo para constatar la ejecución de las operaciones y proporcionar asesoramiento en el mismo momento del trabajo de campo al personal, si el caso lo amerita.

- **Procesamiento de la Información.** El personal de seguimiento y control debe organizar y analizar la información obtenida en la etapa anterior, documentándola en informes periódicos de manejo de baterías usadas. Se recomienda efectuar reuniones semestrales (como mínimo) con los entes involucrados para discutir y complementar la información relevante y demostrar la necesidad de implantar medidas adicionales para situaciones no previstas. Dentro del procesamiento de la información también se debe realizar la determinación de los porcentajes de cumplimiento, proponiendo los controles pertinentes para las desviaciones detectadas en el análisis de los mismos.

## **VI.7. ACTIVIDADES DE ADIESTRAMIENTO AL PERSONAL DE LA EMPRESA SOBRE EL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO**

Para garantizar el éxito en el manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas, se recomienda que todos los empleados y trabajadores de las áreas involucradas reciban un adiestramiento específico de acuerdo con el cargo que ocupan dentro de la organización.

Las principales áreas involucradas, como se mencionó en la sección VI.6. “Normalización de las Operaciones de Manejo Interno de las Baterías de Plomo-ácido Usadas Generadas en la Empresa”, son, en primer lugar, la División de Electromecánica, como responsable del mantenimiento de las baterías en servicio y del manejo de las baterías usadas (los “dueños del desecho”), y las áreas económico-financieras, de investigación y desarrollo, jurídica, de seguridad e higiene industrial, entre otras.

El objetivo del adiestramiento, en el caso de la División de Electromecánica, es que los trabajadores sean capaces de incorporar a su trabajo rutinario las normas y procedimientos de almacenamiento y transporte adecuados, de las Baterías de Plomo-ácido usadas, y que sean capaces de actuar acertadamente en caso de accidentes o incidentes. Todo esto con el conocimiento de que estos aspectos constituyen medidas preventivas de la potencial contaminación de las aguas y del suelo y de los riesgos a la salud causados por un manejo inadecuado de tales materiales recuperables peligrosos. Es conveniente también refrescar los aspectos concernientes al mantenimiento preventivo de las baterías en funcionamiento.

En el caso de los empleados de las áreas económico-financieras y jurídica, se trata de que conozcan que las Baterías de Plomo-ácido usadas son desechos o materiales recuperables peligrosos que se generan en la empresa, que su manejo se encuentra regulado por una normativa específica de obligatorio cumplimiento y que puede ser comercializado con varias empresas del país, obteniendo con ello, beneficios económicos. Adicionalmente, es conveniente que el área jurídica de la C.A. Metro de Caracas profundice en toda la normativa relacionada con el manejo, el régimen de adecuación, las penalizaciones, las relaciones con el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales y otros aspectos importantes de carácter legal.

Como se mencionó anteriormente, la unidad de higiene y seguridad industrial puede encargarse de las actividades de seguimiento y control del manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas, y además puede dictar cursos a los demás empleados y trabajadores involucrados en el manejo. Es por ello, que el entrenamiento para los integrantes de esta unidad debe ser mucho más extenso. Es muy importante que aprendan o refuercen lo relacionado con las operaciones de manejo seguro de las baterías usadas, su carácter de peligrosidad, la clase de riesgo que tienen, la protección personal adecuada, las acciones en caso de emergencias y la normativa técnica que aplica. Además, deben disponer de bibliografía actualizada sobre la materia.

Los analistas de investigación y desarrollo tienen un campo interesante en este sentido, para definir y recomendar técnicas de minimización de desechos que incluyan, en el caso de las baterías usadas, técnicas de prevención, tales como cambios de tecnología, y técnicas de reciclaje externo como la venta a otras empresas. De hecho, ya la unidad de investigación (Centro de Investigaciones Tecnológicas C.I.T) de la empresa, está encargándose de dar recomendaciones sobre el manejo de las baterías usadas de Níquel-Cadmio generadas de las operaciones de mantenimiento de la División de Material Rodante de la empresa y que son utilizadas en los vagones de los trenes. Por ello, es necesario que estas unidades reciban un entrenamiento sobre la materia, que puede ser parecido al del personal de seguridad industrial, con el cual podrán conjugar los conocimientos que ya poseen en tecnologías y procedimientos que usa la C.A. Metro de Caracas y otros metros de diferentes países, con desarrollo en el área en cuestión.

Otro aspecto importante en este punto de entrenamiento, es el de incluir en la inducción que se les da a los empleados y trabajadores de la C.A. Metro de Caracas, un punto sobre protección ambiental que toque aspectos sencillos

relacionados con el manejo de los desechos, así como se ha incluido el tema de seguridad e higiene industrial.

Para terminar, un aspecto de gran importancia dentro de este entrenamiento es la formación del personal gerencial y directivo de la empresa. Dentro del área ambiental en general, y del manejo de desechos, en particular, el compromiso claro e inequívoco de este personal es clave para la asignación de recursos que conlleven a un esfuerzo sostenido en el tiempo y ayuden al éxito de la gestión. Por tanto, este personal también necesita ser formado para asegurar que comprenda la necesidad del cuidado ambiental, además de que disponga de suficientes conocimientos como para desempeñar su papel en la formulación, desarrollo, revisión y cumplimiento de la política ambiental de la empresa y los instrumentos para llevarla a la práctica.

La actividad de educación formal en materia ambiental más usada en la industria es el dictado periódico de cursos de entrenamiento. En la región capital existen varias instituciones, principalmente universidades (Universidad Central de Venezuela, Universidad Católica Andrés Bello y, próximamente, la Universidad Metropolitana), que ofrecen cursos en materia de manejo de desechos, como parte de los cursos de post-grado en el área ambiental, y que también están abiertos a los profesionales que estén interesados.

En este Trabajo de Grado, como referencia de actividad de entrenamiento formal se ha incluido el Cuadro N° 8, que muestra los temas que pueden formar parte del contenido de un curso de entrenamiento sobre manejo de desechos en general y un curso específico de manejo de desechos y materiales recuperables peligrosos, que puede ser dictado por el personal de seguridad industrial de la empresa o por especialistas contratados. Estos cursos pueden

ser adaptados a los diferentes niveles de instrucción de los participantes y al cargo que ocupen dentro de la organización. El cuadro mencionado también sugiere la frecuencia de realización del curso, su duración y los responsables del dictado.

En cuanto a las actividades de educación informal se puede realizar la colocación de carteles alusivos al buen manejo de los desechos o materiales en las áreas de trabajo, la proyección de películas ambientales, la realización de eventos especiales con motivo de fechas importantes relacionadas con el ambiente (día mundial del ambiente, día mundial de la tierra, etc.) y otras actividades, cuyo objetivo sea proporcionar a los participantes la comprensión de las interrelaciones ambientales y su responsabilidad dentro de éstas.

## **VI.8. ARCHIVO DE LA DOCUMENTACIÓN RELACIONADA CON EL MANEJO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO EN LA EMPRESA**

En toda empresa es muy importante organizar la información, lo cual consiste en clasificarla en grupos y categorías para diferenciarla según su contenido. A pesar de que todo método de organización puede ser bueno, hay unos mejores que otros. Tal es el caso del archivo, a través del cual es posible clasificar la información y conservarla a lo largo del tiempo para cuando sea necesaria su consulta para cualquier operación de la empresa. Es importante destacar que para que este método sea lo más efectivo posible, se requiere una buena selección de la información necesaria a archivar y lograr clasificarla adecuadamente de acuerdo con la relación que guardan los documentos entre sí para facilitar su búsqueda dentro del archivo.

**Cuadro N° 8. Programa de Entrenamiento sobre Manejo de Desechos y Materiales Recuperables a ser dictado al personal de la C.A. Metro de Caracas**

ENTRENAMIENTO DIRIGIDO A:	NOMBRE DEL CURSO	CONTENIDO	RESPONSABLES DEL DICTADO	FRECUENCIA	DURACIÓN
Todos los trabajadores y empleados de la empresa	Curso básico de protección ambiental (incluye conceptos sobre manejo de desechos)	<p>Política ambiental de la empresa y aspectos básicos sobre contaminación industrial y su control, incluyendo conceptos como: Definición de desecho y de desecho peligroso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación de los desechos según su origen.</li> <li>- Ejemplos de desechos industriales peligrosos y no peligrosos.</li> <li>- Manejo de desechos en C.A. Metro de Caracas.</li> <li>- Normas venezolanas sobre manejo de desechos y materiales recuperables.</li> </ul>	Personal de higiene y seguridad industrial de C.A. Metro de Caracas o instructores contratados	Inducción	8 horas
Trabajadores y empleados involucrados en la generación y el manejo de desechos peligrosos	Curso de manejo de desechos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de desecho; Desechos municipales, industriales y agroindustriales; Principales actividades generadoras de desechos en las zonas urbanas e industriales (repaso del básico).</li> <li>- Definición de desecho peligroso.</li> <li>- Desechos peligrosos generados en C.A. Metro de Caracas y actividades generadoras.</li> <li>- Descripción de los elementos funcionales del sistema de manejo de desechos peligrosos.</li> <li>- Manejo de los desechos peligrosos en C.A. Metro de Caracas.</li> <li>- Riesgos a la salud y al ambiente ocasionados por el manejo inadecuado de desechos peligrosos.</li> <li>- Técnicas de minimización de desechos peligrosos.</li> <li>- Objetivos y campos de acción de las normas nacionales sobre manejo de desechos peligrosos.</li> <li>- Normativa venezolana y acuerdos internacionales sobre manejo de desechos peligrosos.</li> </ul>	Personal de higiene y seguridad industrial de C.A. Metro de Caracas o empresas didácticas contratadas	Inducción y anual	40 horas

**Fuente:** Elaboración propia, 2001.

Es por esto, que en esta breve sección del Trabajo de Grado, se dan recomendaciones generales a la C.A. Metro de Caracas sobre la organización del archivo de los documentos relacionados con el manejo de las baterías usadas. De esta forma, además de tener una mayor organización de la información, se estaría cumpliendo con lo establecido en el Artículo 24 de las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), que dice que las empresas generadoras, transportistas y recuperadoras de materiales peligrosos deberán mantener en archivo copia de las planillas de seguimiento con toda la información relativa a los materiales recuperables que han sido procesados, indicando la identificación del material, cantidad, origen, destino, fechas de ingreso y de salida del mismo. Adicionalmente, se establece que esta información podrá ser revisada por los organismos competentes en funciones de vigilancia, control ambiental y sanitario, cuando se estime conveniente.

Las secciones propuestas para ser archivadas son las siguientes:

- Normas y procedimientos de la C.A. Metro de Caracas para el manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas.
- Operaciones de manejo y resultados de laboratorio: registros de los volúmenes generados y las actividades de manejo efectuadas; resultados de análisis de laboratorio (en caso que hubiere necesidad de efectuarlos); inventarios de almacén de baterías usadas.
- Opciones de minimización realizadas y proyectos formulados.
- Informes de inspecciones internas de seguimiento y control.

- Registro de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo del sitio de almacenamiento central interno de las Baterías de Plomo-ácido usadas.
- Especificaciones de la infraestructura de manejo interno: memoria descriptiva y planos del sitio de almacenamiento central interno; especificaciones técnicas de los vehículos de transporte utilizados (montacargas, camiones, otros).
- Manejo externo de las baterías usadas: registro de desechos transportados fuera de los Patios y Talleres por las empresas recicladoras de las Baterías de Plomo-ácido usadas; guías de despacho interno y externo; informes de inspecciones a las instalaciones de las empresas recicladoras.
- Emergencias: eventos relacionados con derrames de electrolito en el sitio de almacenamiento o durante el transporte.
- Entrenamiento: programa del curso sobre manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas al personal involucrado; cantidad de personal entrenado sobre esta materia.
- Normativa venezolana sobre manejo de desechos y materiales recuperables peligrosos.
- Contratistas y proveedores: exigencias de la C.A. Metro de Caracas para el manejo de las Baterías de Plomo-ácido usadas establecidas en los contratos de las empresas recicladoras; registro de empresas consultoras en materia de manejo de desechos; registro de laboratorios de análisis de desechos inscritos en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

- Personal: calificaciones del personal encargado del manejo y del seguimiento y control de las baterías usadas.
- Correspondencia interna y externa relacionada con el manejo de las baterías usadas.
- Cualquier otro registro que a juicio del personal responsable del manejo y del seguimiento y control, sea necesario.

Quedará en manos de la C.A. Metro de Caracas la decisión del personal que podrá tener acceso a este archivo.

Además, se recomienda que el tiempo de almacenamiento de los documentos y la forma de disponerlos una vez concluida su vida útil sea definido por la persona o grupo de personas a cargo, de acuerdo a sus normas internas sobre la materia.

## **VI.9. TRÁMITES OFICIALES CON EL MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

En esta sección se invita a la C.A. Metro de Caracas a cumplir con el proceso requerido en Venezuela de Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente (RASDA) en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Este registro está dirigido a llevar un historial de todas las actividades potencialmente contaminantes de las empresas, y debe ser renovado anualmente. Además se sugiere a la empresa realizar el Régimen de Adecuación para Generadores de Materiales Peligrosos y Desechos Peligrosos.

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de estos procesos.

### **VI.9.1. REGISTRO DE ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES DE DEGRADAR EL AMBIENTE**

Para cumplir con este requerimiento se debe rellenar una planilla denominada “Planilla de Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente” (Ver Apéndice D). En esta planilla hay una sección dedicada exclusivamente a los desechos peligrosos generados de las actividades operativas de la empresa en cuestión (ver del punto N° 75 al punto N° 91 del referido apéndice).

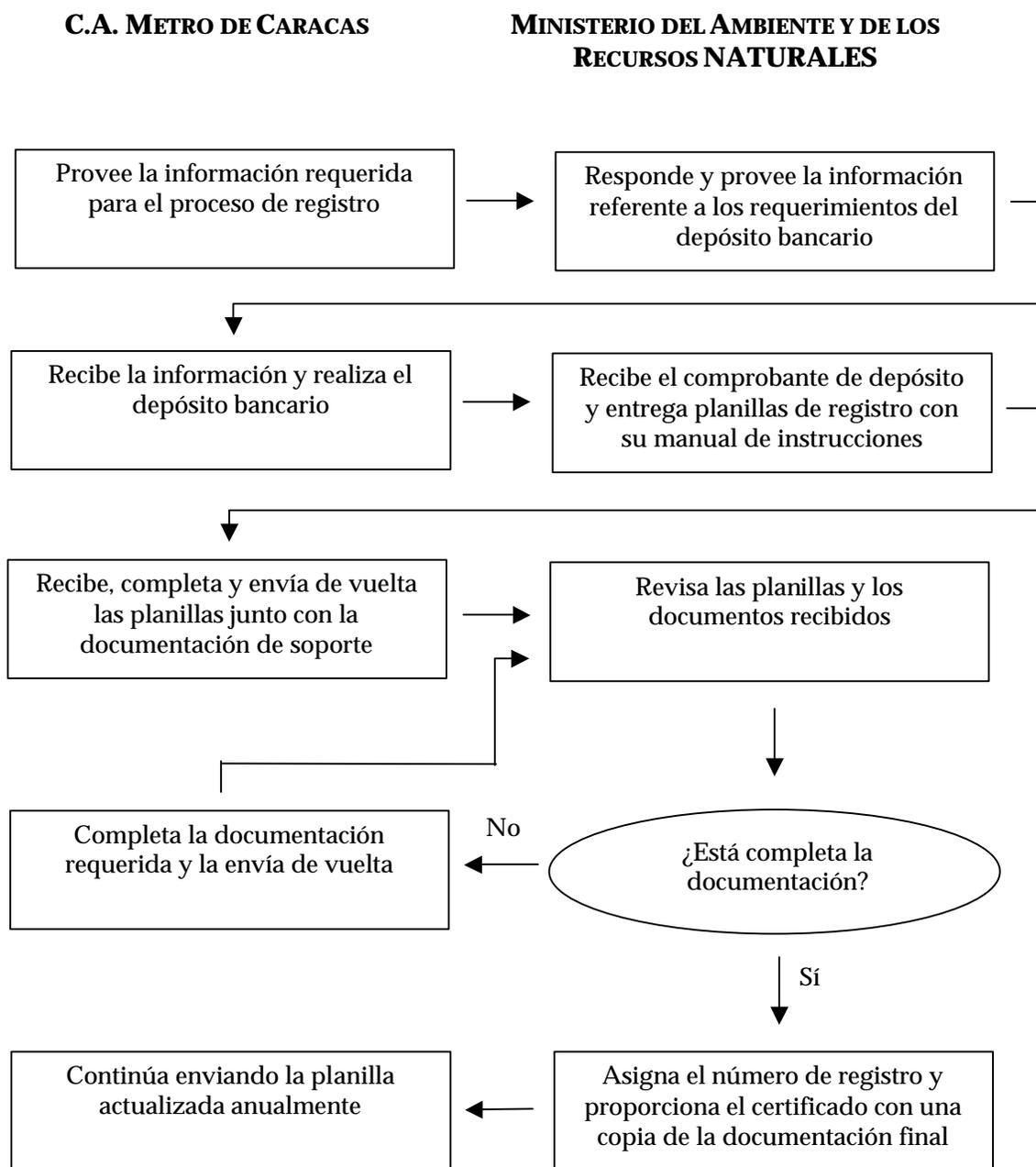
A lo largo del Trabajo de Grado se proporcionó la suficiente información como para llenar los datos solicitados en esta planilla, referentes a las Baterías de Plomo-ácido usadas generadas en la C.A. Metro de Caracas.

El Diagrama N° 6 ilustra, en forma esquemática, el proceso de registro de la C.A. Metro de Caracas en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, buscando facilitarle a la empresa su comprensión.

### **VI.9.2. RÉGIMEN DE ADECUACIÓN PARA GENERADORES DE MATERIALES PELIGROSOS Y DESECHOS PELIGROSOS**

Se ha creído conveniente, en este momento, además, recomendarle a la empresa, como paso posterior a su inscripción en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, presentar ante este organismo una propuesta de adecuación, basándose en el Título IV “Del Régimen de Adecuación para Generadores de Materiales Peligrosos y Desechos Peligrosos” de las Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98).

**Diagrama N° 6. Proceso de Registro en Venezuela en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.**



**Fuente:** Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

Según el Artículo 129 del título de las normas recién referido, se entiende por régimen de adecuación, al proceso que deben seguir aquellas empresas responsables de actividades que no cumplen con las regulaciones para la recuperación de materiales o el manejo de desechos peligrosos. En este mismo título del decreto se encontrarán todos los detalles relacionados con este proceso, incluyendo:

- Los aspectos que deben ser atendidos por las empresas que no cumplen con la normativa, como es el caso de la C.A. Metro de Caracas, para iniciar su proceso de adecuación a la normativa ambiental, tales como: el número del registro en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, con los datos actualizados; la tasa de generación de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos generados, cantidades acumuladas y las condiciones actuales para su manejo; la composición, características, condiciones peligrosas que presenten, y la clase de riesgo de los materiales peligrosos recuperables y de los desechos peligrosos; entre otros.
- Los recaudos que deben ser incluidos, en términos de referencia en la primera formulación de la propuesta de adecuación, como por ejemplo: la descripción de la actividad, localización, insumos, tecnologías, procesos productivos, recursos humanos y servicios; la descripción de los equipos y procesos generadores de los materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos; etc.
- Los requisitos para la propuesta definitiva una vez aprobada la primera formulación. Entre estos requisitos se pueden mencionar los siguientes: la caracterización cuantitativa y cualitativa de los materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos, o en su defecto, los cálculos teóricos sobre los mismos basados en las características del proceso generador y

las materias primas utilizadas; la descripción de las actividades de adecuación a la normativa ambiental en proceso de ejecución; etc.

- Otros.

Finalmente y de acuerdo con lo señalado en el Artículo 134 de las Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos” (Decreto N° 2.635, Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 03-08-98), el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales evaluará la propuesta de adecuación de la empresa, y de ser procedente, autorizará la continuación temporal de la actividad y fijará las condiciones, limitaciones y restricciones bajo las cuales ésta se desarrollará mientras dure el proceso de adecuación.

## **VI.10. CONTINUIDAD DEL TRABAJO**

El objetivo de esta sección es sugerir a la C.A. Metro de Caracas, darle continuidad a este trabajo en los siguientes aspectos:

- La realización del análisis de viabilidad de las recomendaciones del presente Trabajo de Grado que así lo ameriten, contratando, o dedicando personal propio especializado, de tal forma que una vez que se decida que son viables para la empresa desde el punto de vista económico, se lleven a la práctica lo más pronto posible.
- La puesta en marcha de trabajos similares al presente con cada uno de los demás desechos o materiales, tanto peligrosos, como no peligrosos generados en la empresa, para que de esta forma la solución buscada no vaya únicamente dirigida hacia las Baterías de Plomo-ácido usadas, sino que más bien se encuentre una solución global y definitiva a la situación

de la empresa en este sentido, de manera de diseñar y desarrollar un Plan de Manejo de Desechos y Materiales Recuperables en la C.A. Metro de Caracas, con una adecuada participación de los miembros o representantes de las gerencias involucradas, mediante la comunicación efectiva, la coordinación y el compromiso de todos.

Además, se espera que todo lector del presente Trabajo de Grado pueda transmitir, según el área en que se desempeña, la información aquí contenida para lograr:

- La toma de conciencia por parte de aquellas empresas que estén involucradas en procesos que puedan afectar potencialmente al ambiente para que se ocupen de planificar posibles programas a aplicar antes de que ocurra cualquier tipo de daño y sobretodo antes de perjudicar irreversiblemente al medio ambiente que las rodea.
- Que todas aquellas personas que de alguna u otra forma tienen relación con la gerencia de la Carrera Universitaria de Ingeniería Civil, despierten su interés por incorporar un mayor número de actividades enfocadas a la Ingeniería Ambiental, como parte de la formación académica de sus estudiantes, de tal forma que se le dé al estudio ambiental asociado a los proyectos de Ingeniería, la importancia que merece.

## BIBLIOGRAFÍA

- De los Ríos, I. (1.994). *Derecho del Ambiente* (Segunda Edición). Caracas, Autor.
- España, Ministerio de Industria y Energía, con la colaboración de la empresa Haskoning, S.A. (1.995). *Manual MEDIA (Minimización Económica Del Impacto Ambiental en la Industria)*. Madrid.
- F. Lund, H. (1.996). *Manual Mc Graw-Hill de Reciclaje* (Volumen II). Madrid, Mc. Graw-Hill.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 Extraordinario, 18/12/95. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto N° 883 de la Presidencia de la República.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.245 Extraordinario, 03/08/98. Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos. Decreto N° 2.635 de la Presidencia de la República de fecha 18/12/97.
- García, J., González, A. y Ochoa, G. (2.000). Almacenamiento, Desincorporación, Enajenación y Disposición final de Desechos generados por el Mantenimiento en la CAMC. Manuscrito inédito. (Disponible en la C.A. Metro de Caracas).
- Heinke, G.W., Henry, J.G. (1.999). *Ingeniería Ambiental* (Segunda Edición). México, Prentice Hall.

- Kiely, G. *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión* (Volumen III). España, Mc. Graw-Hill.
- LaGrega, M.D., Buckingham, P.L. y Evans, J.C. (1.996). *Gestión de Residuos Tóxicos* (Volumen I). Madrid, Mc Graw-Hill.
- Manual para Instalación, Operación y Mantenimiento de Baterías Estacionarias de Plomo-ácido (1.984). Caracas, Venergía, energía venezolana EXIDE.
- METROGUÍA. X Edición. (1.995). Caracas.
- Normas Venezolanas COVENIN 2.670. 1.996. Materiales Peligrosos. Guía de Respuestas de Emergencias a Incidentes o Accidentes. (2da revisión). (Provisional). 1.996.

## **APÉNDICE A**

**NORMAS PARA EL CONTROL DE LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES  
PELIGROSOS Y EL MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS (DECRETO N°  
2.635, GACETA OFICIAL N° 5.245 EXTRAORDINARIO DEL 03-08-98)**

## **APÉNDICE B**

**NORMA VENEZOLANA COVENIN 2.670 “MATERIALES PELIGROSOS.  
GUÍA DE RESPUESTAS DE EMERGENCIA A INCIDENTES O ACCIDENTES”**

## **APÉNDICE C**

### **PRINCIPALES FICHAS DEL MANUAL MEDIA UTILIZADAS**

**FICHA DE TRABAJO DEL MANUAL MEDIA****Nº O-1****Nombre de la Empresa:** \_\_\_\_\_ **Sector:** \_\_\_\_\_**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Preparado por:** \_\_\_\_\_**DATOS GENERALES DE LA EMPRESA**

Nombre: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_

Breve Descripción: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_Principios Fundamentales: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(Anexar Organigrama General de la Empresa)

**DATOS GENERALES DE LA PARTE AFECTADA**

Nombre: \_\_\_\_\_

Objetivos: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Justificación: \_\_\_\_\_

Producto afectado: \_\_\_\_\_

(Anexar Organigrama de la Parte Afectada)

**FICHA DE TRABAJO DEL MANUAL MEDIA**

**N° G-1**

**Nombre de la Empresa:** \_\_\_\_\_ **Sector:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Preparado por:** \_\_\_\_\_

**DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO**

Visión Esquemática de las principales etapas del proceso y de las actividades auxiliares realizadas.

**FICHA DE TRABAJO DEL MANUAL MEDIA****Nº G-9****Nombre de la Empresa:** \_\_\_\_\_ **Sector:** \_\_\_\_\_**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Preparado por:** \_\_\_\_\_**CARACTERIZACIÓN DEL DESECHO O MATERIAL RECUPERABLE**

Completar el siguiente cuadro con todos los datos obtenidos correspondientes al desecho en estudio.

Nombre	
Etapas o actividades en que se genera	
Estado físico	
Clase de desecho	
Componentes útiles	
Componentes con riesgo potencial al ambiente	
Cantidad anual que se genera	
Descripción de cuándo, cómo y por qué se genera	
¿Se mantiene aislado el desecho?. ¿Cómo?	
¿Recibe algún tratamiento?. ¿Qué tipo?	
Frecuencia con que el desecho se dispone	
¿Cómo se dispone el desecho?	
Normas/Legislación vigente relativos al desecho	
Problemas causados por el desecho	
Otros datos relevantes del desecho	
¿Existe algún tratamiento comprobado para este tipo de desechos?. Hacer una breve descripción	

**FICHA DE TRABAJO DEL MANUAL MEDIA**

**Nº G-11**

**Nombre de la Empresa:** \_\_\_\_\_ **Sector:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Preparado por:** \_\_\_\_\_

**PROBLEMAS AMBIENTALES IDENTIFICADOS**

Descripción del problema ambiental

---

---

---

Etapas y/o actividad(es) involucrada (s)

---

---

Desecho o material causante del problema

---

Legislación o reglamento que afecta al problema. Límites legales

---

---

Actual tratamiento o disposición que se le da al desecho o material

---

---

---

Quejas recibidas. Citar quién(es) ha(n) efectuado la queja

---

---

---

¿Existe una solución factible al problema?. Explique

---

---



**FICHA DE TRABAJO DEL MANUAL MEDIA****Nº S-2****Nombre de la Empresa:** \_\_\_\_\_ **Sector:** \_\_\_\_\_**Fecha:** \_\_\_\_\_ **Preparado por:** \_\_\_\_\_**DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES DE MINIMIZACIÓN**

(Hacerlo para cada opción)

Opción elegida

\_\_\_\_\_

Etapa(s) y/o actividad(es) involucrada (s)

\_\_\_\_\_

Breve descripción de la opción

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Influencia de la opción sobre el desecho

\_\_\_\_\_

INDICAR CON UNA X EL  
TIPO DE OPCIÓN ELEGIDA**Reducción en la fuente**

- \_\_\_ Sustitución y/o purificación de materias primas
- \_\_\_ Modificaciones en el proceso productivo
- \_\_\_ Modificaciones en equipos auxiliares y actividades complementarias
- \_\_\_ Sustitución o modificación del producto

**Reciclaje en el emplazamiento**

- \_\_\_ Reciclaje para su empleo como materia prima
- \_\_\_ Recuperación del material
- \_\_\_ Utilización del desecho o material para una aplicación útil

**Reciclaje externo**

- \_\_\_ Venta a otra empresa
- \_\_\_ Pago por recogida a un gestor de desechos o materiales

**Otras técnicas alternativas**







## **APÉNDICE D**

### **PLANILLA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES DE DEGRADAR EL AMBIENTE**