

**PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DERIVADA DE LA DISPOSICION FINAL DE
LAS PILAS USADAS EN COLOMBIA**

**XIMENA SEBÁ ZAPATA
BELKYS GONZALEZ BARRERA
INGENIERAS QUIMICAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C.
2.007**

**PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DERIVADA DE LA DISPOSICION FINAL DE
LAS PILAS USADAS EN COLOMBIA**

**XIMENA SEBÁ ZAPATA
BELKYS GONZALEZ BARRERA
INGENIERAS QUIMICAS**

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director
ING. ANDRES FERNANDO SANCHEZ HORMANZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C.
2.007**

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento

Bogotá, Marzo de 2007

Dedicamos esta monografía a nuestras familias que son nuestro pilar y apoyo y a Dios porque nos bendice cada día.
A todos los sueños porque son alcanzables y retantes.
Y al recuerdo de Daniel.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a:

El Ingeniero Andrés Fernando Sánchez, por la dedicación y sabiduría que nos entregó antes y durante el proceso.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	13
SIGLAS	17
OBJETIVOS Y ALCANCES.....	20
INTRODUCCION	19
JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	21
1. MARCO TEORICO.....	22
1.1 DEFINICIÓN CIENTÍFICA DE PILA.....	22
1.2 CLASES DE PILAS	22
1.3 EFECTOS DE LAS PILAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.....	25
1.3.1 Proceso de contaminación de la pila	25
1.3.2 Impactos de los metales pesados (presentes en las pilas) en la salud humana y medio ambiente	27
1.3.3 Toxicidad de las pilas :.....	30
2. ALTERNATIVAS DE DISPOSICION FINAL DE PILAS USADAS	34
2.1 RECICLADO DE PILAS USADAS.....	34
2.1.3 Pilas botón.	39
2.1.4 Baterías recargables.	41
2.1.5 Baterías plomo/ácido.	49
2.1.6 Pilas verdes.	53
2.1.7 Información general sobre el reciclaje de las pilas	54
2.2 RELLENOS DE TERRENO	57
2.2.1 Conclusiones de la disposición de las pilas usando un relleno de terreno.	57
2.3 RELLENO DE SEGURIDAD.....	58
2.4 TECNOLOGIAS PARA LA INMOVILIZACION DE CONSTITUYENTES PELIGROSOS.....	58
2.4.1 Tecnología de estabilización.	58
2.4.2 ENCAPSULAMIENTO.	60
2.4.3 Vitrificación / Desvitrificación.	62
2.4.4 Cementación.	64
2.4.5 Ceramización.	64
2.5 INCINERACION	67
2.6 FUNDICION DE METALES PESADOS.....	67
2.6.1 Proceso pirometalúrgico.....	67
2.6.2 Proceso hidrometalúrgico.....	70
2.6.3 Fundiciones secundarias.	71
2.6.4 Consideraciones para tener en cuenta en la técnica de incineración y/o fundición.....	72
2.7 EXPORTACION.....	72

2.8 NUEVAS TECNOLOGIAS PARA DISPOSICION FINAL DE BATERIAS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN	73
2.8.1 Mejora en rendimiento de baterías	73
2.8.2 Almacenamiento de electricidad.	74
2.8.2.1 Batería ecológica que se alimenta de alcohol.	74
2.8.3 Baterías de tritio.	75
2.8.5 Cargador de baterías no-recargables.	75
2.8.6 baterías no contaminantes.	75
2.8.7 Celdas de combustible. oxígeno.	76
2.8.8 Equipo eléctrico que recarga las pilas botón.	77
2.8.9 Reemplazo de electrolitos líquidos de las baterías por electrolitos sólidos menos contaminantes.	78
2.8.10 Batería de sodio-azufre.	80
3. GESTION DE DISPOSICION FINAL DE PILAS EN COLOMBIA.....	81
3.1. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y LEGALES EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	81
3.1.1 Rol de las Entidades Territoriales.....	83
3.2 PLANIFICACION E INFORMACION	84
3.2.1 Planificación.	84
3.2.2 Información y monitoreo de situación.	84
3.3 GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	85
3.3.1 Generación de pilas usadas.	86
3.4 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	93
3.4.1 Manejo de Pilas usadas.	93
3.5 ASPECTOS ECONOMICO-FINANCIEROS.....	98
3.5.1 Recursos financieros a nivel nacional	98
3.5.2 Recursos financieros del exterior	99
3.5.3 Inversiones en el sector.....	99
3.5.4. Tasas y tarifas	100
3.5.6 Financiación del sector privado	100
3.5.7 Costo de utilización de las pilas.	101
3.6 MARCO LEGAL Y CONVENIOS INTERNACIONALES.....	104
3.6.1 Legislación ambiental relacionada con residuos peligrosos producidos por pilas usadas.	104
3.6.2. Convenio de Basilea.	110
3.6.3 Otros convenios internacionales	114
3.7 VIGILANCIA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA LEY.....	116
3.8 PLANES Y PROYECTOS	116
3.8.1 Política ambiental de Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dic-2005.....	117
3.8.2 Proyecto de Ley 37 de 2006 – Residuos y desechos peligrosos – Propuesta de Ley en proceso de trámite.....	118
4. PROPUESTA PARA COLOMBIA.....	120
4.1. GESTIÓN.....	120
4.1.1. Prevención de la generación de residuos peligrosos a través de la promoción e implementación de estrategias de producción más limpia.	120

4.1.2. Gestión de residuos peligrosos derivados del consumo masivo de productos con característica peligrosa.	120
4.1.3. Promoción del tratamiento y disposición final de residuos peligrosos de manera ambientalmente segura	121
4.1.4. Prevención de la contaminación y gestión de sitios contaminados	121
4.1.5. Definir y desarrollar instrumentos económicos.....	121
4.1.6. Fortalecer los procesos de capacitación, educación e investigación. ..	122
4.1.7. Impulsar la actualización y armonización del marco normativo.	122
4.1.8. Planificación, coordinación y fortalecimiento institucional.	123
4.1.9. Participación Pública.....	124
4.2 PROGRAMA OPERATIVO.....	124
BIBLIOGRAFIA	132
CONCLUSIONES.....	138

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis de los principales tipos de pilas según las formas más usuales y sistema químico	23
Tabla 2. Síntesis de los sistemas químicos de pilas	23
Tabla 3. Características técnicas de diferentes tipos de baterías	24
Tabla 4. Cantidad de agua contaminada por tipo de pila o batería	26
Tabla 5. Características de toxicidad de las pilas.....	30
Tabla 6. Síntesis de los sistemas químicos de pilas a evitar o preferir por su grado de toxicidad	31
Tabla 7. Características de las pilas Zn – C.....	35
Tabla 8. Características de las pilas Manganeseo.....	37
Tabla 9. Características de las pilas de botón.....	39
Tabla 10. Características de las pilas oxido de plata	39
Tabla 11. Características de las pilas Ni – Cd.....	42
Tabla 12. Características de las pilas Ni – Mh	46
Tabla 13. Compatibilidad de técnicas de solidificación con determinados res.	66
Tabla 14. Entidades del sector de residuos sólidos en Colombia	82
Tabla 15. Resumen actividad en Colombia.....	82
Tabla 16. Generación de residuos peligrosos por corredores industriales.....	86
Tabla 17. Producción de Pilas en Colombia.....	87
Tabla 18. Importación de pilas en Colombia	88
Tabla 19. Crecimiento de la telefonía celular (unidades) en Colombia entre 1995 y 2000 empresas prestadoras del servicio	90
Tabla 20. Importaciones de baterías de Ni-Cd Ni (20% en Ni-Cd; 25% en NiMH) Cd 18% para el año 1998.....	90
Tabla 21. Importaciones de baterías de Ni-Cd Ni (20% en Ni-Cd; 25% en NiMH) Cd 18% para el año 1998.....	91
Tabla 22. Datos sobre rellenos sanitarios en algunas ciudades.....	95
Tabla 23. Costo por confinamiento de pilas primarias en México.	101
Tabla 24. Costos por reciclado de baterías recargables en EUA.....	102
Tabla 25. Costos anuales y duración de las pilas más usadas.	102
Tabla 26. Costo de 2 Baterías AA usadas 5 horas por semana durante 1 año...	103
Tabla 27. Costos de métodos alternos de tratamiento	103
Tabla 28. Síntesis de las Ventajas y desventajas de los distintos tratamientos de pilas existentes.....	129
Tabla 29 Resumen de la Normativa relativa a las pilas en España.....	149
Tabla 30 Consumo de pilas alcalinas y de c-zn y baterías de ni-cd (piezas)	166
Tabla 31 Cálculo de la generación de pilas desechables (alcalinas y c-zn) 1999	167
Tabla 32. Cálculo de contaminantes generados en las últimas cuatro décadas (toneladas)	168
Tabla 33 Legislación ambiental Colombiana relacionada con residuos peligrosos y transporte.	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pila desgastada.....	26
Figura 2. Esquema de la pila de Zinc.....	35
Figura 3. Esquema de la pila alcalina.....	36
Figura 4. Pila Níquel Hidroruro metálico.....	47
Figura 5. Pila Níquel Hidroruro metálico.....	47
Figura 6. Proceso actual de reciclaje de baterías plomo/ácido.....	52
Figura 7. Características del repositorio.....	59
Figura 8. Material encapsulado.....	60
Figura 9. Claustro: Bloque de Hormigón Municipio de General Pueyrredòn (Argentina).....	61
Figura 10. Cargador de pilas botón.....	77
Figura 11. Baterías de colbón.....	78
Figura 12. Exportaciones autorizadas en Colombia de residuos peligrosos 2000- 2005.....	97
Figura 13. Estructura del Convenio de Basilea en Colombia.....	113
Figura 14. Ciclo de las pilas.....	130
Figura 15 Planta de tratamiento de IDM.....	158
Figura 16 Salida del horno del material vitrificado planta IDM.....	159
Figura 17 Procedimiento para la colada metálica (Lingotera) planta IDM.....	160
Figura 18 Diagrama de flujo planta IDM.....	163

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Gestión de tratamiento de pilas en otros países.....	143
Anexo B. Legislación nacional.....	170

GLOSARIO

AMBIENTE conjunto de elementos y fenómenos que como el clima, el suelo y otros organismos, condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL es la presencia de sustancias nocivas y molestas en nuestros recursos naturales, ya sea en el aire, el agua o el suelo, colocadas allí por la actividad humana en tal cantidad que pueden interferir en la salud y el bienestar de los hombres, los animales o las plantas, o que pueden impedir el pleno uso o disfrute de la propiedad.

DIOXINA familia de 75 compuestos estrechamente relacionados, el más conocido de los cuales es el TCDD, descrito como el "compuesto más tóxico jamás producido por el hombre". Se hizo conocido como el agente tóxico de las emisiones de Seveso, Italia y como el contaminante del Agente Naranja empleado en la guerra de Vietnam. Las dioxinas nunca han sido fabricadas deliberadamente, y no tienen usos específicos. Pero surgen como contaminantes de gran número de productos y procesos de fabricación en que hay fenoles clorados, como el herbicida 2,4,5- T. Se han producido contaminaciones al quemarse equipos de aislamiento eléctrico que contenían PCBs. También se han producido dioxinas por la incineración incompleta de residuos clorados y basura doméstica producto contaminante persistente. Esta sustancia puede causar intoxicaciones dérmicas, hepáticas, problemas renales, problemas en embarazos, Cáncer y otras alteraciones en la salud humana. Se producen al quemar productos que contienen cloro, por ejemplo el PVC.

METAL elemento que tiende a formar iones positivos en soluciones y cuyos óxidos forman hidróxidos más que ácidos con agua. Su comportamiento como átomos o iones es fundamental en las reacciones electroquímicas y también en el metabolismo de las plantas y animales donde muchos tienen funciones esenciales nutrientes y otras bioquímicas. Algunos metales son bastantes tóxicos, en forma elemental como en compuestos.

METALES PESADOS metal de peso atómico mayor que el del sodio (22,9) que forma jabones al reaccionar con ácidos grasos, ej. Aluminio, plomo, cobalto. *Elementos metálicos con alto peso atómico (mercurio, cromo, cadmio, arsénico, plomo y otros). Algunos de ellos, como el manganeso, el cobre y el zinc son elementos esenciales de la dieta y su ausencia puede provocar enfermedades serias. Otros, como el mercurio, el plomo y el cadmio, no tienen funciones biológicas y su presencia, incluso en cantidades muy pequeñas puede ser causa de envenenamiento. Las actividades humanas como la minería, las fundiciones, el

vertido de residuos, la incineración de basura y el añadido de plomo a la nafta, han aumentado la cantidad de metales pesados que circulan en el medio ambiente, lo que ocasiona importantes daños; al no poder ser destruidos, sólo se pueden transformar de un compuesto químico en otro. Tienden a acumularse y bioacumularse en los suelos, en los cursos de agua y en los organismos vivos. Elementos metálicos de peso atómico elevado. Actúan sobre los ecosistemas como contaminantes y son en general muy tóxicos para los organismos vivos. Ellos son: Mercurio, Cadmio, Plomo, Zinc, Platino, Cromo, Níquel, Selenio, Cobre y Arsénico.

PILA ELÉCTRICA se denomina pila o elemento galvánico a un sistema en el que la energía química de una reacción química es transformada en energía eléctrica.

BATERÍA unidad productora de energía eléctrica constituida por varias pilas.

PILA PRIMARIA pila basada en una reacción química irreversible, y por lo tanto, no recargable (posee un sólo ciclo de vida).

PILA SECUNDARIA pila basada en una reacción química reversible y, por lo tanto, recargable. Se pueden regenerar sus elementos activos pasando una corriente eléctrica en sentido contrario al de descarga. Posee ciclos de vida múltiples.

ACUMULADOR cualquier elemento productor de energía eléctrica basado en una/s pila/s secundaria/s (*acumulador* equivale a *recargable*).

ANODO es el electrodo en donde se produce la oxidación cuando la pila funciona como fuente de energía.

CÁTODO es el electrodo en donde se produce la reducción cuando la pila funciona como fuente de energía.

ELECTROLITO medio que posibilita el transporte interno de carga eléctrica entre ambos, es una sustancia conductora

RESIDUOS PELIGROSOS (Ley N° 24.051), será considerado peligroso, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.(...)

ENERGÍA ESPECÍFICA (Wh/kg): es la cantidad de energía que la batería puede almacenar por unidad de peso. Cuanto más alta, mejor. Para el acumulador de plomo, es aproximadamente 50Wh/kg.

POTENCIA ESPECÍFICA (W/kg) es la potencia que la batería puede suministrar por unidad de peso. De nuevo, cuanto mayor es esta cifra, más aplicaciones posibles tiene la batería. Para un acumulador de plomo típico, es alrededor de 450 W/kg.

DENSIDAD DE ENERGÍA (Wh/l) es la cantidad de energía almacenada por unidad de volumen. De nuevo, cuanto más alta, mejor. Para un acumulador de plomo típico, es alrededor de 90 Wh/l.

EFICACIA (%) es la fracción de electricidad que devuelve la batería en proporción a la cantidad de electricidad que ha sido necesaria para cargarla. Cuanto más alta, mejor, idealmente el 100%. También es importante que una batería mantenga su eficacia en función del tiempo de almacenamiento. Para un acumulador de plomo típico es del orden del 95%. Este valor es también función del valor de autodescarga. Para un acumulador típico, es del orden de 3-4% mensual.

NÚMERO DE CICLOS DE CARGA-DESCARGA es el número de veces que la batería puede ser recargada para recobrar su capacidad completa después de su uso. Es una indicación de la duración de vida de la batería. De nuevo, cuanto más alto, mejor. Para un acumulador de plomo, es del orden de 800.

TIEMPO DE RECARGA NORMAL (h) es el tiempo necesario para recargar completamente la batería. Cuanto más corto, mejor. Para un acumulador de plomo típico, es del orden de 3 horas.

TIEMPO DE RECARGA RÁPIDA (50% y 99%): estos son los tiempos necesarios para recargar la batería a la mitad o al 99% de su capacidad. Esta característica es útil solamente si la recarga de la batería es lenta. Por supuesto, cuanto más

corto sea este tiempo, mejor. Para un acumulador de plomo típico, es del orden de 8 minutos para media carga y 30 minutos para el 99% de carga.

COSTE (e/kWh) el coste de la batería por unidad de energía almacenada, esencial para aplicaciones económicas. Para un acumulador de plomo típico es del orden de 350 e/kWh. En comparación, el coste medio de electricidad en Europa es alrededor de 8-10 céntimos de e/kWh.

CAPACIDAD DE UNA PILA es la cantidad de energía que ésta puede almacenar. La unidad para medir la capacidad en las pilas suele ser el mAh o mili amperio hora.

SIGLAS

AECI	Agencia Española de Cooperación Internacional
ALC	América Latina y el Caribe
ANR	Asociación Nacional de Recicladores (Colombia)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial)
CECODES	Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS)
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DAMA	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
GTZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón
LAC	América Latina y el Caribe
OEA	Organización de Estados Americanos
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PIB	Producto interno bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
TLC	Tratado de Libre Comercio de América
REPAMAR	Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos
RSM	Residuos sólidos municipales
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

TITULO: PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DERIVADA DE LA DISPOSICION FINAL DE LAS PILAS USADAS

Autor: GONZALEZ Barrera, Belkis, SEBA Zapata, Ximena**

Palabras Claves: Pila, batería, reciclaje, disposición, recolección, residuo peligroso, disposición.

En la actualidad, el uso de las pilas es extensivo por la miniaturización de los aparatos y la versatilidad de convertirlos en objetos portátiles, por esta razón el incremento de esta tecnología es innegable, infortunadamente la sociedad no se ha sensibilizado que este tipo de producto esta individualmente constituido por varios polucionantes. Las pilas en desuso contaminan el suelo y el agua, por sus materiales constitutivos, considerados independientemente como residuos peligrosos, las alternativas de reciclaje de las pilas son poco rentables por el tipo de tecnología empleada para recuperar sus materiales primarios y las técnicas de disposición son costosas por que requieren una previa inmovilización para evitar que sus componentes contaminen. La exportación es otra alternativa, porque no tenemos en nuestro país tecnología idónea de tratamiento, es una opción igualmente costosa ya que implica un sistema de recolecta exitoso y un pago adicional para poder tramitar su procesamiento en otro país.

En Colombia existe una base legal, pero para que se apliquen estos lineamientos se debe, primero que todo, fortalecer la infraestructura de los entes vigilantes. La propuesta preliminar expuesta en este trabajo es considerar las pilas en desuso como un residuo peligroso y así promocionar sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición segura donde participen generadores y consumidores, acompañados de campañas educativas que permitan visualizar al consumidor el uso de posibilidades más limpias.

** Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Mg. Ing. Andrés F Sanchez.

TITLE: ENVIRONMENTAL ISSUES ARISING FROM THE FINAL DISPOSAL OF USED BATTERIES AND OPERATIONAL ALTERNATIVES*

Authors: GONZALEZ Barrera, Belkis, SEBA Zapata, Ximena**

Key Words: Battery, recycling, disposal, pickup, hazardous waste.

Today, battery use has been made extensive due to miniaturization of devices and the versatility when they are turned into portable devices; due to this fact the increase in this technology is beyond doubt. Unfortunately, society is not yet aware that this product is individually composed of several pollutants. Unused batteries pollute soil and water due to the materials they are composed of, independently considered as hazardous waste. Battery recycling alternatives have low profitability due to the type of technology used to recover their primary components; disposal techniques are expensive because they require previous immobilization to avoid pollution from their components- Export is another alternative, since there is not an adequate treatment technology in our country; it is, however, an equally expensive option, as it involves an expensive pickup system, and additional payment for processing in another country.

There is in Colombia a legal framework, but for the applicability of these guidelines the infrastructure of enforcement entities has to be strengthened. The preliminary proposal exposed in this paper is to consider unused batteries as a hazardous waste and promote pickup, transport, treatment and safe disposal systems, formed by consumers and manufacturers, together with awareness campaigns that allow the consumer to be aware of cleaner alternatives.

* Thesis

** Chemical Engineer School. Environmental Engineer Specialist. Director: Mg. Andrés F Sanchez.

OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar la información necesaria respecto a la problemática que implican los desechos de pilas y baterías, con el fin de motivar acciones que contribuyan a la reducción del impacto sobre el ambiente.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir las diferentes clases de pilas domésticas, uso y la toxicidad de los materiales con las que están hechas.
2. Revisar y dimensionar la problemática de los residuos generados por las pilas usadas en Colombia.
3. Investigar sobre la reducción del contenido de materias peligrosas y uso de materias sustitutivas menos contaminantes en las pilas y los acumuladores, así como sobre los sistemas de reciclado de los mismos.
4. Realizar una propuesta preliminar para el manejo de las pilas en desuso en Colombia

INTRODUCCION

Cuando la industria electrónica logró niveles inimaginables de "miniaturización" en sus diseños, con la consiguiente facilidad para la fabricación de aparatos portátiles, comenzó una gran producción de pilas seguida de un creciente consumo, porque la ventaja de estas es la total autonomía energética que son capaces de proporcionar. Al igual que en muchos otros casos, la industria y el comercio no se preguntaron por el impacto que causaría al ambiente tal producto.

Los inconvenientes que plantea este tipo de tecnología son múltiples. Dejando a parte la contaminación que producen las industrias que las fabrican, existen tres problemas importantes como resultado directo de su utilización:

1. El despilfarro económico que su uso implica: La corriente eléctrica generada por las pilas es 450 veces más cara que la de red; un Kw/h de la red cuesta al consumidor 11 pts, mientras que la misma energía en pilas cuesta 5.000 ptas. (Boletín de la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) n1 82, Junio del 87: Pilas y Pelas).

2. Inutilización de aparatos debido a su supuración: Una pila abandonada en un aparato que no usamos, corre peligro de derramar las sustancias químicas de su interior, con lo que el aparato que las contiene puede deteriorarse seriamente. Aunque se ha desarrollado el blindaje de las pilas para evitar este problema, lo cierto es que su eficacia no es absoluta y su aplicación no está universalmente extendida.

3. Eliminación cuando se agotan: Este es el principal problema a resolver. Cuando las pilas se agotan, suelen ser transportadas en la bolsa de basura a vertederos no específicamente preparados, donde son abandonadas o incineradas. Es decir, en los vertederos ocurre precisamente aquello que prohíben las instrucciones de los envoltorios.

Las pilas representan uno de los mayores problemas en los residuos sólidos peligrosos domésticos, puesto que contienen metales pesados y si van al vertedero, acaban ingresando al medio ambiente por la corrosión de sus carcazas afectadas internamente por sus componentes y externamente por la acción climática y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la materia orgánica, que al elevar su temperatura hasta los 70° C, actúa como un reactor de la contaminación. Los consumidores no separan la mayoría de las pilas y las desechan con el resto de los residuos domésticos. Las pilas contienen mercurio, cadmio y otros metales que se convierten en contaminantes tóxicos en el lixiviado de los vertederos contaminando toda forma de vida (asimilación vegetal y animal)

o en las emisiones de las incineradoras. EPA ha descubierto que las pilas domésticas son la fuente del más del 50% del mercurio, 48% del cadmio, el 22% del Níquel encontrados en los Residuos Sólidos Urbanos ¹

Si bien es cierto que la " reducción en la fuente " como se asegura en la actualidad, ha llevado a la Industria de la Pila (a nivel Mundial), a resultados importante en la minimización del contenido de mercurio, según aclara RAYOBAC Colombia en la entrevista realizada para este trabajo. Se debe recordar la existencia de otros contaminantes que representan un problema serio para el ambiente; ya que su dispersión en medios corrosivos como los basurales, generan ácidos por descomposición de la materia orgánica, formando compuestos que posteriormente contaminarían las aguas subterráneas.

Si se incineran, las emanaciones resultantes darán lugar a elementos tóxicos volátiles, las plantas industriales que asumen este cometido y los vertederos controlados que las almacenan no están exentos de peligro, pues se ha demostrado repetidamente a través de la historia, que estas instalaciones no garantizan la neutralización de las sustancias tóxicas.

En este documento se pretenden ampliar esta problemática sustentando de principio a fin que las pilas y baterías deben ser consideradas como un residuo peligroso.

El contenido de esta monografía fue en su mayoría información encontrada en la red, ya que por la novedad del tema aun no se disponen de textos que contengan estos temas específicos.

En los capítulos 3 y 4 se expone la propuesta a seguir para Colombia, basándonos en información legal y experiencias exitosas en otros países.

JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Las pilas y baterías usadas constituyen un residuo peligroso de características complejas, según la Resolución 189 de 1994 de la República de Colombia, en el Artículo 1 contiene la Lista N° 1 que define los Criterios de Clasificación de los Residuos Tóxicos, entre los que se encuentra el Cadmio, Mercurio, Níquel, Zinc y sus compuestos, elementos que se encuentran en las pilas, por varios aspectos: Son productos individualmente constituidos por varios polucionantes.

- La innumerable variedad de pilas (químicamente) posible multiplica enormemente la cantidad de contaminantes a los que el medio ambiente puede potencialmente exponerse.
- La multiplicidad de características e importancia toxicológicas que se derivan de la complejidad mencionada.
- La innumerable variedad de usos, usuarios, diseños, tamaños y formatos.
- La elevada proporción en la que intervienen en la cantidad total de residuos generados.

Las pilas domésticas se arrojan en terrenos baldíos, en la calle o en la bolsa de residuos, su mal manejo como desecho comienza por la mezcla de las mismas con el resto de materiales, pues esto provoca la contaminación de unos productos con otros, impidiendo su aprovechamiento para la reutilización, reciclaje y composteo.

La contaminación se produce generalmente por lixiviación ya que el proceso electroquímico de las pilas no se agota cuando esta deja de entregar energía suficiente sino que continua produciendo corrosión por diferencia de potencial, que deriva en la destrucción de la envoltura metálica y se genera la contaminación por metales pesados perjudicial para el ambiente y el ser humano.

La problemática que actualmente enfrenta Colombia y casi todos los países del mundo respecto a los residuos sólidos, se debe principalmente a la falta de conocimiento de las elecciones ambientales en el mercado y de las opciones de tratamiento o disposición final que puedan resolver parte de la conflicto que presentan los residuos. Así mismo, es necesario y urgente plantear lineamientos básicos que nos permitan avanzar paulatinamente hacia un manejo adecuado que no genere contaminantes más peligrosos que los propios desechos sólidos.

1. MARCO TEORICO



1.1 DEFINICIÓN CIENTÍFICA DE PILA.

En general se componen de celdas electrolíticas en las que dos placas eléctricas de metales distintos (cátodo y ánodo) están separados entre sí por una solución iónica que es el medio capaz de conducir electrones entre ambas placas. Estos elementos están contenidos en un envase o recipiente metálico o plástico, con separadores de los elementos activos como papel o cartón, auxiliares constructivos como plomo o cadmio que mejoran la embutición o mercurio que limita la corrosión, además de elementos de presentación comercial.¹

1.2 CLASES DE PILAS

Baterías: Son unidades productoras de energía eléctrica constituidas por varias pilas.

Pilas primarias: Son aquellas en que la reacción química que tiene lugar es irreversible y por lo tanto no son recargables.

Pilas secundarias: Son aquellas en que la reacción química es reversible y por lo tanto son recargables. Por tanto la cantidad de residuos generados es mucho menor.

Acumulador: Es cualquier elemento productor de energía eléctrica basado en una/s pila/s secundarias.

Todas las pilas desechables como las recargables se consiguen en distintas formas: cilíndricas, rectangulares y botón, a su vez es posible la diferenciación en tamaños, ya estandarizados, micro (AAA, LR03, R14, QM2, E93), MONO (D, LR20, R20, AM1), 9V (1604 D, 6LR61, 6AM6, 522), 4.5 V (3LR12, 1203), Spezial (LR61, AAAA, E96) y Lady (LR1, N, E90).

¹ STRUC PLAN, Baterías y pilas, [online]Argentina, Artículo 159, Enero 1 de 2000, [citado el 20 de Enero de 2006] available from <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=159>

Tabla 1. Síntesis de los principales tipos de pilas según las formas más usuales y sistema químico

CILÍNDRICAS		BOTÓN
Primarias	Secundarias	
Alcalinas	Alcalina*	Alcalina
Zinc Aire	Níquel cadmio	Zinc aire
Litio	Ion litio	Litio
Zinc carbono	Hidrato de níquel metálico	Hidrato de níquel metálico
		Oxido de mercurio
		Níquel cadmio
		Oxido de plata

* Todavía no están muy difundidas son un intermedio entre sistemas primarios y secundarios: se pueden recargar unas 25 veces, pero no consiguen la capacidad inicial, sino que esta disminuye cada vez que se recarga.

Fuente: Umweltbundesamt (Departamento del Medio Ambiente Alemán)
www.umeltbundeamt.de.

Tabla 2. Síntesis de los sistemas químicos de pilas

SISTEMA	COMPUESTOS QUÍMICOS PRINCIPALES		CARACTERÍSTICAS / USOS TÍPICOS
	Metales	Electrolito	
Primarias			
Zn/C	Manganeso, Zinc, hierro y mercurio ¹	Amoniaco, Clorato de Zinc	También salinas, secas, leclanch, comunes, son las de menor precio, sirven para aparatos sencillos y de poco consumos, linternas, juguetes, control remoto
Alcalina Zn/ Mn O ₂	Manganeso, Zinc, hierro y mercurio ¹	Hidróxido de sodio, y de potasio	También: manganeso larga duración, duran 3-10 veces mas que las salinas, para aparatos de mas consumos, :walkman, cámaras de foto, juguetes
Aireado de Zinc Zn/ O ₂	Hierro, zinc, níquel mercurio	Hidróxido de potasio	Alta capacidad, audífonos
Litio Li / Mn O ₂	Hierro, manganeso, níquel, litio	Orgánicos soluciones salinas	Alta capacidad, baja descarga, Se utilizan en filmadoras y audífonos. Producen 3 veces más energía que las pilas alcalinas.

Sistema	Compuestos químicos principales		Características / usos típicos
	Metales	Electrolito	
Secundarias			
Ni/ Cd	Hierro, níquel, cadmio	Hidróxido de sodio, y de potasio	Pueden recargarse hasta 1000 veces. Alta capacidad, celulares, teléfono inalámbrico, cepillo de dientes eléctrico
Ni MH	Hierro, níquel, cobalto		Celulares, telefono inalámbrico, maquina de afeitar
Ion litio	Cobalto, Litio		Alta capacidad, de alta densidad de energía, celulares, Artículos electrónicos, productos electrónicos portátiles.
Sistema	Compuestos químicos principales		Características / usos típicos
	Metales	Electrolito	
Botón (además de las alcalinas, zinc aireado y litio existen			
Zn / HgO	Hierro, mercurio, zinc, manganeso	Hidróxido de sodio, y de zinc	Tiene 30% de mercurio total de su peso
Zn / Ag O2	Hierro, plata, mercurio, zinc, manganeso	Hidróxido de potasio y de sodio	Alta hasta media capacidad, relojes, calculadoras, cámaras de fotos
Pb/Pb O2	Plomo	Acido sulfúrico	Generalmente baterías de auto

Fuente: LEMKE, Astrid, Proyecto GTZ Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades de la X Región clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto GIROSOL, [online], Chile, Octubre 2004 [citado en 24 de Abril de 2006]., No. 1996.2057.6-001.00, Avalaible from www.giresol.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=149.

Tabla 3. Características técnicas de diferentes tipos de baterías

Tipo de batería	Coste (e/kWh)	Energía específica(W/kg)	Potencia específica (W/kg)	Carga/descarga (ciclos)	Eficacia (%)
Primarias					
Zn / C	200	65			
Alcalina/ manganeso					
Litio	1000	260			
Secundarias					
Ni-Cd	800	1000	50	1000-3000	60-85

Ni-hidruro	1200	100	200	500	75
Ion Li	2000	200	300	>1000	98
Tipo de batería	Coste (e/kWh)	Energía específica(W/kg)	Potencia específica (W/kg)	Carga/descarga (ciclos)	Eficacia (%)
Botón					
Oxido de mercurio	800	105			
Cinc/ácido		100	100		50
Tipo de batería	Coste (e/kWh)	Energía específica(W/kg)	Potencia específica (W/kg)	Carga/descarga (ciclos)	Eficacia (%)
Botón					
Plomo/ácido	400	35	100	300-400	70-80
Na/NiC12		90	110	>110	90
Polímero		200	400	100	60

Fuente: AGUADO-MONSONET, Miguel A Nuevas tecnologías para baterías: desarrollos prometedores [online], IPTS, DG-XII, Vol 36, Sevilla, España, 2003, [citado el 16 de noviembre de 2005], Avalaible from: <http://www.jrc.es/pages/iptsreport/vol36/spanish/ENE1S366.htm>

Estas comparaciones son aproximadas porque no hay métodos estándar para comparar los valores mostrados.

1.3 EFECTOS DE LAS PILAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

1.3.1 Proceso de contaminación de la pila Cuando una pila pierde su cubierta protectora de metal, libera diferentes tipos de metales que producen efectos notoriamente nocivos para el ecosistema y la salud de los seres humanos.² Las pilas pueden sufrir la corrosión de sus carcasas afectadas internamente por sus componentes y externamente por la acción climática y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la materia orgánica, que al elevar su temperatura hasta 70 grados centígrados, en el proceso de compostaje, actúa como origen de la contaminación. Cuando se produce el derrame de electrolitos internos de las pilas, se puede arrastrar los metales pesados (como el plomo, el cadmio, mercurio, aluminio, zinc, níquel y cobre), en forma de ánodo de pila. Estos metales pueden fluir por los suelos contaminando toda forma de vida. El mecanismo de movilidad a través del suelo, se ve favorecido al estar los metales en su forma oxidada, esto los hace mucho más rápidos en terrenos salinos o con PH muy ácido. Los iones metálicos tienen como vehículo de salida al exterior el agua que contienen todas las pilas en un importante porcentaje de su peso. Los metales emitidos se hallan como cationes (iones con carga positiva) lo que hace que los suelos los absorban con mayor rapidez, no se degradan en forma espontánea, y casi todos no son bio-disponibles. En el caso de que ocurra liberación del mercurio al ambiente se produce una mezcla a partir de los lixiviados con las aguas (residuales o subterráneas) y se descompondrá en metilmercurio

² GUASCH FARRÁS, Juan, NTP 104: Baterías de Ni-Cd. Uso y mantenimiento, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, OIT, Organización internacional del trabajo, [online] España, 2001, Ref.5 / Aparatos y equipos eléctricos, Avalaible from http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_104.htm

que es un compuesto bio-acumulable (que se concentra en toda la cadena trófica desde los pequeños seres vivos al hombre).

El mercurio liberado por las pilas que llega a las capas de agua, es absorbido por los peces. A ellos no les afecta, porque se fija en sus tejidos. Pero cuando el ser humano ingiere peces contaminados con mercurio, libera en su organismo el mercurio contenido en los peces, con lo cual este mercurio recupera toda su toxicidad provocando en el mediano y largo plazo daños en los tejidos cerebrales en el sistema nervioso.

Las pilas son las causantes del 93% del mercurio de las basuras³, del 47% de zinc, del 48% de cadmio, del 22% de níquel, etc⁴.

Figura 1. Pila desgastada



Fuente AERPAM- Asociación Española de Recogedores de Pilas, Acumuladores y Móviles, [online], Barcelona, España, [citado en 05 de Agosto de 2005], Avalaible from <http://www.aerpa.org/>.

Tabla 4. Cantidad de agua contaminada por tipo de pila o batería

Pilas, micropilas y baterías	Agua contaminada / unidad
Zn- C	3 mililitros
Zn- Aire	12 mililitros
Oxido de plata	14 mililitros
Alcalinas	167 mililitros

³ BUSTILLOS CASTILLO Paola, Las pilas o Baterías agotadas no son un residuo cualquiera, [online], 2003, Avalaible from <http://www.monografias.com/trabajos12/monpilas/monpilas.shtml>

⁴ VILLAR Consejera ,C., Para una pila de problemas una gran solución [online], 2005, SEHI, Hidalgo, España, Avalaible from <http://www.soeco.edu.net.co/campanas/manejodepilasusadas/>

Mercurio 600 mililitros

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

1.3.2 Impactos de los metales pesados (presentes en las pilas) en la salud humana y medio ambiente

Los metales pesados son los metales más peligrosos. Tienen una densidad mayor de 5 y es por eso que se les llama pesados. Los metales pesados pueden reaccionar con otros iones para formar productos peligrosos. A menudo están implicados en reacciones de transferencia electrónica en las que el oxígeno está presente. Esto puede llevar a la formación de oxi-radicales tóxicos.⁵

Los metales pueden formar metaloides y luego unirse a compuestos orgánicos para formar sustancias lipófilas que a menudo son altamente tóxicas y que pueden ser almacenadas en las reservas de grasas de los animales y humanos. Los metales también pueden unirse a macromoléculas celulares en el cuerpo humano. Los metales no pueden ser rotos en componentes menos peligrosos, porque no son bio-degradables.⁶ La única oportunidad que tienen los organismos contra los metales es almacenarlos en tejidos corporales donde no puedan causar ningún daño.

1.3.2.1 Efectos de los metales pesados sobre la salud humana

La importancia de los efectos de los residuos sólidos municipales en la salud colectiva y en el medio ambiente, así como en la salud del individuo, aunque se ha reconocido ampliamente, no ha sido objeto de estudios ni de investigaciones que permitan tomar acciones efectivas para mejorar la calidad del manejo de los residuos sólidos peligrosos en América Latina y el Caribe. En Colombia, se están manejando algunos residuos sólidos y semi-sólidos peligrosos conjuntamente con los residuos sólidos urbanos, con graves implicancias y efectos para la salud humana y el ambiente.⁷

La exposición humana a los residuos peligrosos puede darse en tres escenarios:

- a) En los sitios donde se generan (exposición ocupacional o durante accidentes);
- b) Durante el transporte (accidentes); y
- c) En los sitios donde se almacenan o se depositan para su tratamiento.

⁵ REVISTA_CONSUMER_ES , Fundación Erosky, Metales pesados peligrosidad [online], No. 42, España, Marzo de 2001 [citado en 17 de Noviembre de 2005], Available from <http://revista.consumer.es/web/es/20010301/medioambiente/27009.php>

⁶ TECNOCENCIA, Residuos especiales, [online], Cataluña, España, 2002, [citado en 15 de Marzo de 2006], Available from <http://www.tecnociencia.es/especiales/residuos/7.htm#pila>.

⁷ FERRERIA, João Alberto; DOS ANJOS, Luiz Antonio. Aspectos de saúde de resíduos sólidos municipais. Rio de Janeiro, 1996, San Luis Potosí. 1996.

Mercurio. En exposición a altas dosis el Hg^{+2} provoca.⁸

a) Agudas: dermatitis, ulceraciones de conjuntivas y cornea (ceguera), en forma oral colapso del aparato digestivo mortal en horas, insuficiencia renal.

b) Sub-agudas: alucinaciones, colitis, hemorragias, excitabilidad, alteraciones por contacto vía oral, mientras que por contacto dérmico: trastornos mentales, insomnio, fenómenos vinculares periféricos, trastornos sensoriales en las extremidades, acrodia infantil (enfermedad rosa).

c) Crónicas: todas las anteriores mas delirio y psicosis maniaco depresiva. En exposiciones continuas pero en bajas dosis, en forma crónica: debilidad, anorexia, perdida de peso, insomnio, diarrea, perdida de dientes, gingivitis (inflamación de encías), irritabilidad, temblores musculares suaves y sacudidas repentinas, sialorrea (salivación profunda).

Puede acusar daños al ambiente contaminando el agua o la tierra, el metilmercurio es bio-acumulable en los tejidos de los peces.

Cadmio. El organismo humano puede asimilar el 6% de la dosis que absorbe, el resto puede acumularse en los riñones a lo largo de toda la vida, lo que puede producirles lesiones graves e irreversibles.⁹ También produce hipertensión arterial, con riesgo de infarto de miocardio y arteriosclerosis.

La tasa de mortalidad por exposición cadmio es de 15 %. Provoca sistemáticos renales, con anemia y presencia anormal de proteínas en la orina. Produce lesiones en el hígado, testículos, malformaciones congénitas (anancefalia, nacer sin cerebro, anoftalmia, sin ojos, microftalmia, globos oculares pequeños). Puede producir abortos en etapas tempranas del embarazo algo mas tarde las malformaciones ya mencionadas. Provoca una enfermedad denominada ITAI-ITAI, caracterizada por intensos dolores óseos, a veces con fracturas espontáneas debido al ablandamiento de los huesos. Respirar altos niveles de cadmio produce graves lesiones en los pulmones y puede producir la muerte. Ingerir alimentos o tomar agua con altos niveles de cadmio, produce irritación al estómago e induce vómitos y diarrea. El cadmio puede acumularse en los riñones a raíz de exposición por largo tiempo a bajos niveles de cadmio en el aire, los alimentos o el agua. Esta acumulación puede producir enfermedades renales. Lesiones en los pulmones y fragilidad en los huesos son otros efectos posibles causados por exposición de larga duración. El Cadmio se puede acumular en el medio ambiente a través del filtrado con el agua de las napas subterráneas junto con agua superficial, y puede llegar a la atmósfera a través de las emisiones provenientes de incineradores. Equipos de control de polución ambiental pueden atrapar el Cadmio quedando junto con las cenizas, lo que genera el problema de tratar las cenizas. Los océanos están empezando a mostrar nuevos signos de Cadmio. El

⁸ "BOLETÍN DE TEMAS DE SALUD, [online], **Suplemento del Diario del Mundo Hospitalario de la Asociación de Médicos Municipales de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, Año 10, N° 93, Noviembre del 2003** [citado 15 de Octubre de 2006], Avalaible from http://www.aamma.org/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=31

⁹ AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES, DIVISIÓN DE TOXICOLOGÍA Y MEDICINA AMBIENTAL , TOX FAQ, [online] Atlanta, Estados Unidos, JUN, 1999, [citado en 27 de Octubre de 2006], Avalaible from http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html

Cadmio es tóxico para los peces y la vida salvaje en general y puede llegar a los seres humanos a través de la cadena alimentaria.

Litio. es neuro-tóxico y tóxico para el riñón. la intoxicación por litio produce fallas respiratorias depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo, daño al sistema nervioso, llegando a estado de coma e incluso la muerte.

Plomo. Los niños y en especial las embarazadas son especialmente sensibles al plomo, mas que otros grupos. entre algunos de sus efectos, altera la hemoglobina sanguínea, pero cabe aclarar que sus síntomas son tan inespecíficos que se ha llamado en alguna oportunidad al plomo, "el gran simulador". Como síntomas precoces se encuentran: dolores de cabeza, dolores óseos, dolores abdominales, irritabilidad, trastornos del sueño, dolores musculares, síntomas abdominales vagos. mientras que entre los síntomas avanzados están: anemia, cólicos intensos, nauseas, vómitos, enfermedad renal, impotencia sexual, intensas cefaleas, delirio, incoordinación, esterilidad, daños al feto, hipertensión arterial, líneas de plomo en las encías, estreñimiento agudo, afectación de los nervios, enfermedad ósea, temblores, convulsiones, cuadros psiquiátricos graves, parálisis nerviosa, trastornos menstruales, probablemente cáncer y muerte.

El plomo no se degrada, compuestos de plomo son transformados por la luz solar, el aire y el agua, cuando se libera al aire puede ser transportado largas distancias antes de sedimentar. Se adhiere al suelo, su paso por el agua subterránea depende del tipo de compuesto y las características del suelo.

Níquel. Con relación a este metal hay numerosas referencias de dermatitis y otros efectos dermatológicos por exposición al mismo. Contribuye también con enfermedades respiratorias tales como asma bronquial, bronquitis y neumoconiosis, pudiendo también desarrollar una rinitis hipertrófica, polifosis nasal, anemia, todo esto en el caso de inhalar polvos y aerosoles irritantes de níquel. Han sido notados los incrementos en el riesgo de desarrollar tumores malignos, incluyendo carcinomas de laringe, riñón, próstata y estómago. Hay mas de un compuesto de níquel que puede dar lugar a cáncer de pulmón y nasal. Cabe aclarar que el níquel es un oligoelemento esencial en pequeñas dosis, en altas dosis es tóxico e incluso fatal, su requerimiento de ingesta no se ha establecido aún.

Cromo. En su estado de oxidación +3, es esencial en pequeñas dosis, mientras que como cromo +6, es sumamente tóxico, aún en bajas dosis. Su acción sobre la piel y las mucosas oculares y nasofaríngeas, provoca efectos irritativos crónicos intensos ante su contacto prolongado. Es posible que cause conjuntivitis con lagrimeo y dolor, dermatitis del tipo eczematoso con úlceras, características poco

dolorosas o asintomáticas y de localización preferentemente en dedos, manos y antebrazos. Provoca alteración en el olfato, rinitis, faringitis y perforaciones del tabique nasal.

Zinc, Manganeso Y Cobre. Son todos esenciales en cantidades mínimas, pero tóxicos en altas dosis. El requerimiento estimado para el zinc es 15-40 mg, manganeso 2,5-5 mg y para el cobre 2-3 mg.

Manganeso. Es carcinogénico manifiesta alteraciones neurológicas, cambios en la capacidad, cambios de conducta, debilidad general, movimientos involuntarios, cefaleas, irritabilidad, confusión, temblores, sintomatología similar a la enfermedad de Parkinson. El polvo de óxido de manganeso produce irritación en nariz y garganta. Este es un material no soluble en el agua, por lo que si se destina al relleno de terrenos no contamina el agua de las napas subterráneas. El inconveniente que trae el manganeso, es que es toxico cuando se inhala en el proceso de fabricación de las pilas, donde los operarios deben resguardarse del polvo suelto en el aire de la planta.

1.3.3 Toxicidad de las pilas No todos los componentes de las pilas poseen el mismo grado de toxicidad en cuanto a sus efectos sobre el ambiente. En este aspecto, las que poseen mercurio, cadmio o plomo son las que presentan un riesgo mayor.¹⁰La siguiente tabla ilustra las características de toxicidad de las pilas:

Tabla 5. Características de toxicidad de las pilas.

TIPO DE PILA	CARACTERÍSTICAS TÓXICAS	TOXICIDAD
Primarias		
Zn/C	Mercurio 0.01%	Muy Baja
Alcalinas	Mercurio 0.5%	Toxicas
Botón oxido de mercurio	Algunas tiene hasta 30% de mercurio	Muy alta
Litio	Litio 10 a 30%	Muy alta
Verdes	Carecen de cadmio y mercurio, aunque se desconocen parte de sus	Desconocida

¹⁰ ALTOLAGUIRRE, Leandro, Residuos peligrosos generados en nuestras casas, [online] Medio Ambiente, su conservación para todas las formas de vida_ ALIHUEN Patagonia, Argentina, 2004, [citado en 10 de Mayo de 2006], Available from <http://www.alihuen.org.ar/informacion-en-general/residuos-peligrosos-generados-en-nuestras-casas.html>.

	componentes, alcohol	tiene	
Secundarias			
	Contienen cadmio, plomo y níquel, no contienen mercurio		Tóxicas
Níquel-cadmio (Ni-Cd)	Cadmio 18%		
Recargables			
Níquel-Hidruro	Metal	Níquel 25%	Tóxicas
Ion litio	Litio		

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

A todos estos contaminantes se adicionan los retardantes de fuego bromado que se encuentran en las pilas y baterías de celulares, computadoras y otros aparatos electrónicos, este químico se bioacumula, es neurotóxico y puede deteriorar las funciones de aprendizaje y memoria, interfiere con las hormonas tiroidea y estrógeno y la exposición en la gestación puede relacionarse con problemas de comportamiento.

Tabla 6. Síntesis de los sistemas químicos de pilas a evitar o preferir por su grado de toxicidad

	EVITAR	PREFERIR
Pilas recargables	Níquel cadmio	Níquel metal hídrico Ion litio
Pilas desechables	Pilas desechables con Hg	Alcalinas sin mercurio pilas secas sin mercurio
Pilas Botón	Oxido de mercurio Oxido de plata Plomo	Zn-aire Litio

Fuente: LEMKE, Astrid, Proyecto GTZ Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades de la X Región clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto GIROSOL, [online], Chile, Octubre 2004 [citado en 24 de Abril de 2006]., No. 1996.2057.6-001.00, Available from www.giresol.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=149.

1.3.2.2 Efectos sobre el medio ambiente. Las pilas alcalinas rinden más

que las pilas de carbón, por eso suelen ser las más usadas. Tienen un mayor rendimiento en duración, pero dentro de sus componentes están presentes el mercurio y el cadmio. Estos metales se filtran en el agua, e incluso en el aire, ingresando la cadena alimenticia del ser humano. Las pilas de carbón zinc, también llamadas pilas de botón, tienen un poder contaminante mucho mayor que las anteriores. Las pilas son uno de los objetos creados por el hombre que mayor poder contaminante tiene sobre el medio ambiente. Por ejemplo, una pila alcalina puede contaminar 175.000 litros de agua, que llega a ser el consumo promedio de agua de toda la vida de seis personas.

Una pila común, también llamada de zinc - carbono puede contaminar 3.000 litros de agua. Una pila de zinc-aire contamina 12.000 litros de agua. La pila de óxido de plata puede llegar a contaminar 14.000 litros de agua. Una micropila de botón de mercurio, aparentemente inofensivas por su diminuto tamaño, contamina 600.000 litros de agua, que es el consumo promedio de agua de toda la vida de treinta personas.¹¹

Los problemas del manejo inadecuado de los residuos sólidos no sólo afectan la salud humana, sino que están relacionados con la contaminación atmosférica, del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas. Además el inadecuado manejo está generando el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural de muchas ciudades.¹² Lo anterior se agrava cuando se constata que, en la mayoría de ciudades, la disposición final de residuos sólidos municipales, especiales y peligrosos se hace en forma conjunta e indiscriminada.

a) Recursos hídricos superficiales. Uno de los efectos ambientales más serios provocados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales es la contaminación de las aguas superficiales que muchas veces son fuentes de abastecimiento de agua potable. Los residuos sólidos frecuentemente están mezclados con residuos peligrosos industriales, lo que origina contaminación química. Como consecuencia, se produce la pérdida del recurso para consumo humano o para recreación, se destruye la fauna acuática y también se deteriora el paisaje. Además implica altas inversiones si se quiere recuperar el recurso.

En Colombia, 3% de los RSM de Cali y de la mayoría de los municipios del departamento del Cauca son vertidos al río Cauca; 100% de los municipios por los que pasa el río Magdalena disponen sus basuras en las riberas.

b) Recursos hídricos subterráneos. Los acuíferos, confinados o libres, pueden contaminarse inadvertidamente por la inadecuada disposición final de residuos sólidos, por lo que en la mayoría de las situaciones se subestima el problema, aún

¹¹ VILLAR Consejera ,C., Para una pila de problemas una gran solución [online], 2005, SEHI, Hidalgo, España, Avalaible from <http://www.soeco.edu.net.co/campanas/manejodepilasusadas/>

¹² POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

cuando la contaminación por nitritos y otras sustancias químicas en aguas subterráneas para consumo humano es peligrosa para la salud. En Bogotá, los lixiviados generados en los vaciaderos del Cortijo y Gibraltar contaminaron las aguas subterráneas con plomo, cromo y mercurio.

c) Costas marinas. La disposición de residuos sólidos en las orillas del mar ha causado problemas de deterioro ambiental de costas y playas, del paisaje natural, así como de la fauna marina, lo cual afecta el turismo. Problemas de este tipo se han presentado en el Caribe, Perú, Brasil, Colombia y otros países.

d) Aire. En los botaderos a cielo abierto, es evidente la contaminación atmosférica por la presencia de malos olores y la generación de humos, gases y partículas en suspensión, producto de la quema provocada o espontánea y el arrastre de los vientos. La quema en basurales y los incineradores sin sistemas de control de la contaminación presentan un riesgo mayor debido a la presencia de plásticos, compuestos organoclorados y otros productos químicos de significativa peligrosidad. Todos los países de América Latina y el Caribe tienen problemas de contaminación atmosférica por estas causas.

e) Impacto sobre el paisaje. El manejo inadecuado y la deficiente disposición de residuos sólidos afectan significativamente el paisaje.

f) Impacto sobre el suelo. Contaminación del suelo por disposición directa de los residuos sólidos municipales, especiales y peligrosos. Se hace uso inapropiado del suelo y se vierte los residuos sobre depresiones naturales del terreno. El enterramiento de residuos industriales no se ha identificado aún como un problema significativo, posiblemente por carencia de control al no existir normas precisas sobre esta materia. En general, en muchos municipios del país, se practica el vaciado de los residuos sólidos en botaderos abiertos.

2. ALTERNATIVAS DE DISPOSICION FINAL DE PILAS USADAS

2.1 RECICLADO DE PILAS USADAS

El programa de reciclaje consiste en dos etapas principales: Separación-recolección y tratamiento-disposición final, donde cada una requiere planificación y control estricto, ya que deben contemplarse pautas de seguridad en el manejo de las pilas y evitar la acumulación sin tratamiento.

ETAPA 1. SEPARACION – RECOLECCION La recogida selectiva de las pilas es de una gran importancia, por lo que se debe contar en los sitios donde exista el programa de reciclaje, con la existencia de contenedores específicos repartidos por zonas estratégicas y en sitios visibles. La separación se estructura con base en campañas de difusión y concientización sobre los riesgos y perjuicios que ocasionan las pilas y los lugares donde se deberán depositar las pilas usadas. Para proceder al reciclado de las pilas, estas deberán separarse de la siguiente forma:

- Baterías de plomo (industriales, arrancadores, micropilas, baterías de automóviles).
- Baterías de Níquel/Cadmio (grandes pilas abiertas, pilas cilíndricas selladas, pilas botón).
- Pilas de botón primarias con ánodo de Zinc (Zn/HgO , Zn/Ag_2O , Zn/MnO_2 , Zn/O_2).

La tecnología de reciclado para el gran grupo de las pilas comunes y alcalinas (Zn/MnO_2 en sus formas cilíndricas y prismáticas) con electrolito ácido y alcalino, solo está desarrollada en la etapa de planta piloto.

ETAPA 2. RECICLADO DE LAS PILAS DEPENDIENDO DEL TIPO DE PILAS

2.1.1 Pilas secas o pilas salinas. En estas pilas cilíndricas los reactivos químicos son Zinc y óxido de manganeso. Además, para que se produzca la reacción, es necesaria la presencia de cloruro de zinc y cloruro amónico. Tienen un contenido de mercurio inferior al 0,025% de su peso total. Todos estos productos son relativamente poco peligrosos para el medio ambiente. Estas son las pilas que se utilizaban hace más de diez años, y que tenían una carcasa de plástico. Cuando se agotaban, estas pilas se deformaban. Actualmente, todas las pilas cilíndricas tienen una carcasa blindada, por lo que ya no se puede observar esta característica de las pilas salinas son las llamadas pilas comunes. Sirven para aparatos sencillos y de poco consumo. Se utilizan para linternas, juguetes y aparatos mecánicos. Se pueden emplear como chatarra selectiva en procesos metalúrgicos para la producción de acero y zinc

Figura 2. Esquema de la pila de Zinc



Fuente AERPAM- Asociación Española de Recogedores de Pilas, Acumuladores y Móviles, [online], Barcelona, España, [citado en 05 de Agosto de 2005], Available from <http://www.aerpa.org/>.

Tabla 7. Características de las pilas Zn – C

Pilas estándar de zinc-carbón	
Pilas tradicionales cilíndricas. Tienen una vida relativamente corta.	
<p><i>Componentes principales:</i></p> <p><i>Rango de peso típico:</i></p> <p><i>Mercado:</i></p> <p><i>Aplicaciones de uso:</i></p>	<p>Óxido de manganeso, zinc, agua y carbón</p> <p>5-150 g</p> <p>Venta al por menor</p> <p>Aparatos domésticos</p>

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Available from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

2.1.2 Pilas alcalinas. Los reactivos químicos son los mismos que en la pila salina, pero el cloruro de zinc y el cloruro de amonio han sido sustituidos por hidróxido de potasio disuelto en agua. El hidróxido de potasio es una base, un álcali, y de ahí el nombre de este tipo de pilas. Esta disolución de hidróxido de potasio es muy corrosiva, por lo que, para su comercialización, se desarrollaron las carcasas blindadas, con el fin de evitar su fuga. Hoy en día, estas carcasas blindadas se utilizan en todas las pilas cilíndricas. Estas pilas duran más que las salinas

Las pilas alcalinas de marca, tienen un bajo contenido de mercurio, por lo que son menos tóxicas, pero siguen siéndolo por el zinc y el manganeso que contienen. Una sola pila alcalina puede contaminar 175.000 litros de agua (mas de lo que

puede consumir un hombre en toda su vida). Se usan en radios, flashes, juguetes, teléfonos, controles remotos, relojes.

Figura 3. Esquema de la pila alcalina



Fuente AERPAM- Asociación Española de Recogedores de Pilas, Acumuladores y Móviles, [online], Barcelona, España, [citado en 05 de Agosto de 2005], Available from <http://www.aerpa.org/>.

Clases de pilas alcalinas:

Pilas alcalinas Zn/MnO₂: El Zinc está en polvo, son de larga duración, casi todas son blindadas, lo que dificulta el derramamiento de los constituyentes, pero el blindaje no tiene una duración ilimitada. Con un contenido de mercurio que ronda el 0,1% de su peso total.

Pilas alcalinas Zn/C o Pilas secas: son las menos contaminantes, sirven para aparatos sencillos y de poco consumo. También llamadas pilas secas. Tienen un contenido de mercurio inferior al 0,025% de su peso total. Se utilizan para linternas, juguetes y aparatos mecánicos.

Pilas alcalinas Zn/aire: contienen más de 1% de mercurio, tienen graves problemas residuales.

Pilas Alcalinas de Manganeso: Son mas recientes que las anteriores. Su principio activo es un compuesto alcalino (Hidróxido Potasio). Su duración es 6 veces mayor que las Zinc/Carbono. Esta compuesta por Dióxido de Manganeso, Hidróxido de Potasio, pasta de Zinc amalgamada con Mercurio (total 1%), Carbón o Grafito.

Tabla 8. Características de las pilas Manganeseo

Pilas estándar alcalinas de manganeso	
Tienen mayor vida que las de zinc-carbón. Son más herméticas y más seguras para aparatos que requieren mayor potencia.	
<i>Componentes principales:</i>	Óxido de manganeso, zinc y hierro.
<i>Rango de peso típico:</i>	8-150 g
<i>Mercado:</i>	Venta al por menor
<i>Aplicaciones de uso:</i>	Aparatos domésticos de audio, cámaras de video y fotografía y otros aparatos portátiles domésticos.

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Avalaible from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

2.1.2.1 Reciclado de baterías Alcalinas Los métodos en uso para la recuperación de mercurio (MRT, proceso VOEST, etc.) trabajan por destilación.¹³

Las pilas alcalinas son almacenadas antes de poner en marcha de forma inmediata un sistema por medio del cual serán trituradas mecánicamente, y se obtendrá escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila. Los residuos que quedan en el horno son recobrados por reducción carbo-térmica.

Las tres primeras fracciones se valorizan directamente. El polvo de pila sigue diferentes procesos para recuperar los metales que contiene. Este último debe seguir distintos procesos para recuperar los metales que contiene. El manganeso y el hierro son recobrados como ferro-manganeso.

El reciclado de las baterías alcalinas o C-Zn, por ejemplo, no es viable, en términos económicos, ya que la energía utilizada en el proceso no es costeadada por los materiales recuperados como son el carbón o el zinc, debido a que el precio de estos materiales en el mercado es demasiado bajo.

2.1.2.2 Proyectos de reciclaje de pilas alcalinas:

a) La *Sociedad Valdi*¹⁴ es actualmente una empresa europea que se dedica al reciclaje de pilas alcalinas y salinas. Opera con una herramienta industrial completa que integra las fases de calcinación/fusión/afinado. Este procedimiento particularmente económico, recicla más del 70% de los materiales de las pilas en forma de:

¹³ 4to. INFORME TÉCNICO DE LA CAMPAÑA "Ponté las pilas en el Taller Ecologista" [online] Europile/Eurobat Position Paper "Realized and Projected Recycling Processes for used Batteries", 1996, Rosario Argentina, [citado el 16 de Abril de 2006], Avalaible from http://www.taller.org.ar/Ciudades_sustentables/Pilas/Informe_Pilas_IV.pdf

¹⁴ REVISTA DE LA DIRECCION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE, Europa se pone las pilas en materia de reciclaje, [online], Europa Edición 15 – Feb 2004, [citada en 4 de Marzo de 2006], Avalaible from http://ec.europa.eu/environment/news/efe/theme_16_es.htm

- Polvo de óxido de zinc reciclado para la fabricación de pilas.
 - Lingotes de ferro-manganeso utilizados para la fabricación de aceros especiales.
- Además satisface las normativas más exigentes en materia de vertidos al medio ambiente.

b) *En el Reino Unido*, recientemente ha comenzado a funcionar la primera planta de reciclaje de pilas de consumo. La planta, con un coste de 250.000 libras esterlinas (365.00 euros), recicla las pilas alcalinas y las de zinc-carbono. Afirma que el Reino Unido genera 30.000 toneladas de pilas usadas de consumo cada año, reciclando tan sólo el 2% de ellas. La nueva planta tendrá capacidad para tratar hasta 1.500 toneladas anuales. Sin embargo, la nueva normativa comunitaria, que entrará en vigor a mediados de 2006, exigirá al Reino Unido el tratamiento del 25% de las pilas y baterías portátiles antes de 2012. La planta recupera el acero y la mezcla de zinc, manganeso y carbono (denominada “masa negra”), que se pueden tratar para obtener compuestos de zinc y manganeso o puede refinarse para producir metales. La planta cobra entre 800 - 1000 libras esterlinas (1.170 – 1.460 euros) por el tratamiento de una tonelada de pilas y baterías, aunque este precio se reducirá según aumente el volumen tratado.¹⁵

c) En Argentina, en la Universidad Nacional de San Martín,¹⁶ estudiantes pusieron en marcha a nivel comunitario, el reciclaje de baterías que no contienen mercurio, mediante bacterias comedoras de azufre, que, además, se complementa con una técnica que utiliza plantas capaces de capturar el zinc. Según Gustavo Curutchet, biotecnólogo de la Universidad Nacional de San Martín, el agente bacteriano *Acidithiobacillus thiooxidans*, fue aislado del Río Agrío, en las termas de Copahue, donde se alimenta de azufre. En el reactor bacteriano experimental, se alimenta a la bacteria con azufre para que lo transforme en ácido sulfúrico y otros productos llamados politionatos. “Las pilas alcalinas usadas se sumergen simplemente en ese caldo de ácido sulfúrico que las disuelve por completo; después, mediante electrólisis, se aíslan y recuperan los metales que las constituyen, que eventualmente pueden reutilizarse y en todo caso no pasan al medio ambiente”. “El uso de estas bacterias ya es conocido en la metalurgia del cobre y del oro; el aporte es aplicarlo a las pilas”, explicó Curutchet. El reactor bacteriano experimental ya está funcionando a pleno y, según el investigador, este método podrá aplicarse a gran escala en las comunidades: “Nuestros reactores son de bajo impacto ambiental, seguros y el proceso no resulta caro”. Los dos metales que incluyen las pilas alcalinas son el zinc y el manganeso. “No son los de mayor toxicidad pero, en la medida en que llegan al ambiente y contaminan las napas,

¹⁵ NEW GUIDANCE ON RECHARGEABLE BATTERIES, Warmer Bolletin_ Nueva [online], 2006, Estados Unidos - N° 60, p 13, [citado el 10 de Octubre de 2006], Avalaible from <http://www.rbr.org/call2recycle/spanish/index.html#>

¹⁶ LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado n 13 de Enero de 2006], Avalaible from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>

producen efectos nocivos”. Se realizaron pruebas con renacuajos, los cuales son usados “como bioindicadores”, para evaluar el impacto de posibles tóxicos sobre los organismos vivos: Se encontró que el zinc los mata en concentraciones mucho más bajas que lo esperado; bastan 10 o 15 partes por millón para eliminar, en 24 horas, toda una población de renacuajos”.³

2.1.3 Pilas botón. Fue la primera pila que se construyó del tipo micropila o botón. Exteriormente se construyen de acero. Existen dos tipos de pilas de botón alcalinas: las pilas de mercurio y las de plata. En ambos casos, la reacción se produce en presencia de una disolución concentrada de hidróxido de potasio.

Pilas botón de Mercurio: Los reactivos son Zinc y óxido de mercurio, produciéndose en el proceso de descarga mercurio. Contiene entre un 25 y un 30% de Mercurio. El impacto medioambiental de las pilas de mercurio es considerablemente mayor que el de las pilas de plata. El mercurio es un elemento extremadamente tóxico. Esta micropila puede contaminar 600.000 litros de agua. Se utilizan en los relojes de pulsera y calculadoras de bolsillo.

Tabla 9. Características de las pilas de botón

Pilas botón de mercurio	
Tienen hasta un 30 % de mercurio. Gradualmente están quedando desfasadas y la tendencia será hacia otras con menor contenido de mercurio para aquellos usos que precisan este tipo de pila y no existe alterativa.	
<i>Componentes principales:</i>	Óxido de mercurio, zinc y hierro 1-50 g
<i>Rango de peso típico:</i>	Venta al por menor
<i>Mercado:</i>	Aparatos de sordos, marcapasos y fotografía
<i>Aplicaciones de uso:</i>	fotografía

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Available from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

Pilas botón de Plata: Los reactivos son Zinc y óxido de plata, contienen un 1% de mercurio. Las pilas botón se utilizan en equipamiento médico o de emergencia, o equipamiento militar.

Tabla 10. Características de las pilas oxido de plata

Pilas botón de óxido de plata
Alterativa a las de óxido de mercurio. Larga duración

<i>Componentes principales:</i>	Óxido de plata, zinc y hierro 0,4-15 g
<i>Rango de peso típico:</i>	Venta al por menor
<i>Mercado:</i>	Calculadoras y relojes
<i>Aplicaciones de uso:</i>	

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Available from <http://www.asimelec.es/htmventa/Expilas/Index.htm>

2.1.3.1. Reciclado de Pilas Botón. Las pilas botón son sometidas a un proceso de tratamiento para la recuperación del mercurio mediante destilación.¹⁷ Las pilas botón pueden ser trituradas en una, o bien ser colocadas en un horno cerrado sin ser trituradas.

Si las pilas se Trituran, se deberá hacer a una granulometría adecuada mediante un aparato de trituración (trituradora o molino a martillo). Los molinos deben estar bajo vacío parcial, para que los vapores de mercurio que se producen no escapen incontroladamente, pero pueden ser extraídos y retenidos en filtros de carbón activado. Al material desmenuzado se le agrega cal en polvo para prevenir explosiones. Cuando la carga consiste en pilas no trituradas, las sustancias orgánicas son pirolizadas en la fase inicial de la destilación. La destilación del mercurio requiere que las pilas estén abiertas y por encima de 600 a 650 °C, aproximadamente 24 horas. El horno está compuesto por un sistema de refrigeración controlado mediante sensores que vigilan el flujo de refrigerante. En función de prevenir explosiones, el interior del horno está bajo una atmósfera de un gas inerte (N₂). El vacío en la destilación acelera la evaporación y previene el escape de vapores conteniendo mercurio. El mercurio evaporado se extrae con el gas de escape y se pasa por un refrigerante, en un recipiente herméticamente cerrado saturado de agua, el cual lo condensa a 2-6 °C. El recipiente posee una sonda de nivel que indica cuándo es necesario extraer el mercurio, pasando posteriormente a su reciclado. A la salida del horno, existe una conducción para evitar problemas de sobre presión en el interior del horno. El gas residual, el cual contiene trazas de mercurio y otras sustancias, se quema afuera a 850-950 °C. Esta conducción, como medida de seguridad y ante la hipotética posibilidad que existiera emisión de gases, pasa por una columna de filtración con carbón activo para limpiarlo al 100%. En este trayecto el límite de emisión establecido para el mercurio es de 0.2 mg/m³. En el gas residual se han detectado concentraciones menores a 0.1 mg Hg/m³. La condensación posterior permite la obtención de un mercurio con un grado de pureza superior al 96%. (aproximadamente 0.3 ppm Hg (0.3 mg/Kg)). La energía que se consume en el proceso de incineración para luego condensar el mercurio, es enorme.

¹⁷Decreto 93/1999, Protección del medio ambiente. Gestión de pilas y acumuladores Usados, [online], España, de 10 junio [citado en 4 de Noviembre de 2007], Available from http://www.unav.es/riesgoslaborales/gestionresiduos/legisla/93_1999.pdf.

Si la instalación procesa solo **pilas de óxido de mercurio**, el mercurio recuperado, se supone entre el 8% y el 10% en peso de las pilas botón tratadas. Los residuos del tratamiento, una vez cribados se envían a una empresa autorizada para la recuperación de los metales, o se disponen en vertederos especiales.

Si en la carga están incluidas las **pilas botón de óxido de plata**, la plata pasa al residuo, el cual por razones comerciales deberá ser reprocesado ahí mismo o en otra instalación. Las pilas de óxido de plata se reciclan, sobre todo en la industria de la joyería, debido al valor del contenido de plata. Al reciclar materiales nocivos, es preciso tener el mismo cuidado que durante los procesos de fabricación. Por ejemplo, cabe la posibilidad de que los trabajadores queden expuestos al vapor de mercurio y al óxido de plata durante el reciclaje de las pilas de plata.

En la misma instalación pueden procesarse tubos fluorescentes, termómetros, amalgamas de tratamientos dentales y otros residuos que contengan mercurio. La viabilidad comercial de recuperar plata y mercurio depende fundamentalmente de los precios del metal primario. Mientras el reciclado de plata ciertamente cubre los costos, el reciclado de mercurio requiere un subsidio considerable.¹⁸

2.1.4 Baterías recargables Este tipo de baterías están compuestas por dos electrodos conectados a través de una solución conductora denominada electrolito.¹⁹ Las baterías recargables pueden ser recargadas cientos de veces. En el momento en el que una batería se recarga, la energía eléctrica se convierte en energía química, y cuando un determinado dispositivo requiere energía, la batería vuelve a convertir la energía química en eléctrica. Su vida útil es de unos siete años, mientras que la vida de una batería estándar desechable apenas alcanza uno o dos años. Se usa en dispositivos digitales como cámaras digitales, cámaras DV y reproductores MP3. El ciclo de vida de una batería recargable es hasta 1.000 veces mayor que el de una batería convencional, que tan sólo dura un uso. Una batería recargable reemplaza hasta 1.000 pilas normales y puede ser reciclada al final de su vida útil.

Hoy en día las baterías recargables utilizan tres tecnologías diferentes: la formada por **Níquel y Cadmio**, la opción ideal para la mayoría de los dispositivos para el hogar; otra compuesta de **Níquel e Hidruro de Metal**, muy útil para los dispositivos digitales; y las formadas por **Litio e Ion o Litio y Polímero**, ideales para los teléfonos móviles y ordenadores portátiles, videocámaras y cámaras digitales. Las baterías recargables permiten ahorrar dinero. Un hogar dispone de una media de 25 dispositivos que requieren baterías (cámaras digitales, reproductores MP3, Discman, teclados, ratones inalámbricos, juguetes

¹⁸ LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado n 13 de Enero de 2006], Avalaible from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>

¹⁹ NEW GUIDANCE ON RECHARGEABLE BATTERIES, Warmer Bolletin_ Nueva [online], 2006, Estados Unidos - N° 60, p 13, [citado el 10 de Octubre de 2006], Avalaible from <http://www.rbr.org/call2recycle/spanish/index.html#>

electrónicos,...). Utilizando baterías recargables se consigue un considerable ahorro económico.

2.1.4.1 Baterías Níquel/Cadmio (Ni/Cd) Son los acumuladores estándar.

²⁰Se usan en computadoras, celulares, filmadoras, productos inalámbricos, herramientas de poder. Esta constituida por Níquel laminado y Cadmio separado por nylon o polipropileno, todo enrollado en espiral. No contiene Mercurio. Sus residuos son peligrosos para el medio ambiente, principalmente por la presencia del Cadmio. Contienen entre 15% y 20% de Cadmio y proporcionan una corriente de 1,2 V (menos que las pilas). A pesar de su menor voltaje son adecuados para reemplazar las pilas en la mayoría de los casos. Tienen un efecto memoria importante (pierden eficacia si los recargamos sin estar completamente descargados) y tienen una vida mucho más corta que los NiMH (Níquel-Metal-Hidruro). Sin usarse pierden un 1% de su carga cada día (se descargan solas rápidamente). Pueden recargarse hasta 1000 veces.

La batería de Ni-Cd es una de las más peligrosas en términos de disposición final.²¹ Han existido grandes movimientos para prohibir las baterías de Ni-Cd en Estados Unidos y en los Países Nórdicos. A través del lobby político, los fabricantes se han defendido con la promesa de establecer planes de reciclado.²²

Tabla 11. Características de las pilas Ni – Cd
Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)

Han surgido en los 4-5 últimos años. Pueden dar respuesta a puntas de demanda fuertes.

<i>Componentes principales:</i>	níquel, cadmio, hierro y potasio 10-1.000 g
<i>Rango de peso típico:</i>	Fabricantes de equipos
<i>Mercado:</i>	Herramientas, luces de emergencia,
<i>Aplicaciones de uso:</i>	aparatos domésticos, PC's, videocámaras, teléfonos móviles

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Avalaible from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

²⁰GUASCH FARRÁS, Juan, NTP 104: Baterías de Ni-Cd. Uso y mantenimiento, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, OIT, Organización internacional del trabajo, [online] España, 2001, Ref.5 / Aparatos y equipos eléctricos, Avalaible from http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_104.htm

²¹POWER STORAGE , Almacenaje de Energía [SolarMarineLights_com] Baterías y metales, [online] 2004, Estados Unidos, [citado el 5 de Enero de 2007] Avalaible from http://www.solarmarinelights.com/es/content/products/technology/power_storage.aspx

²²ALZATE, Jader, **Baterías Recargables de Níquel Cadmio**, [online] , Avalaible from www.geocities.com/jader_alzate/Baterias.htm

2.1.4.1.1 Reciclaje de Baterías de Ni/Cd Existen diferentes tipos de baterías de Ni/Cd: pilas abiertas y selladas (cilíndricas y botón).²³ Según el tipo y el tamaño de la pila, el Cd que contienen varía entre un 6 y 20 % de su peso total. El hierro y el níquel pueden usarse para en metalurgia para manufacturar productos de acero inoxidable. La recuperación del cadmio es muy ventajosa, ya que vuelve a utilizarse en la fabricación de pilas de níquel-cadmio. Los datos económicos iniciales reflejan que el reciclaje de pilas de níquel-cadmio no era rentable, pero es de esperar que los avances tecnológicos mejoren la situación.

2.1.4.1.2 Proyectos de Reciclaje de Baterías de Ni/Cd

a) Europa: El reciclado de estas baterías *en Europa*,²⁴ se basa alternativamente en un proceso térmico o hidrometalúrgico. Hay una planta establecida por NIFE en Oskarshamn, Suecia, y otras dos instaladas por SNAM/SALVAM en Lyon y en Viviez, Francia. En 1990 TNO/NL desarrolló un proceso hidrometalúrgico para recuperar Cd y Ni de estas pilas.

El proceso NIFE es principalmente para las **Pilas abiertas con placas tipo bolsillo** y comprende los siguientes pasos:

- Se vacía el electrolito.
- Se desarma la pila separando el electrodo positivo (Ni) del negativo (Cd).
- Los electrodos negativos que contienen níquel, hierro y grafito se venden a las fundiciones de acero.
- El sedimento del envase de acero de la pila, rico en cadmio y níquel, se trata en dos etapas. Con ácido sulfúrico se lleva el sedimento a una solución que se vuelca donde se realiza el proceso de reciclado químico y luego se lava el envase con agua. El agua de lavado se reutiliza para hacer nuevas soluciones para el tratamiento ácido y los restos de acero se venden.
- Los materiales plásticos del envase se tratan de la misma manera que el acero, y el plástico una vez lavado se desmenuza para su venta.
- Las placas negativas (electrodos de cadmio) conteniendo principalmente cadmio y hierro se sumergen en agua para remover trozos de carbono formados por el contacto de las placas con el aire. Las placas se introducen luego en un horno a 850 °C donde se destila el cadmio. El metal se condensa y recolecta en un

²³ EPA, Enforcement Alert , The Battery, [online], Act"Volume 5, Estados Unidos, Number 2 March, 2002, [citado e 14 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.epa.gov/compliance/resources/newsletters/civil/enfalert/battery.pdf>.

²⁴ 4to.Informe Técnico de la Campaña "Poné las pilas en el Taller Ecologista" [online] Europile/Eurobat Position Paper "Realized and Proyected Recycling Processes for used Batteries", 1996, Rosario Argentina, [citado el 16 de Abril de 2006], Avalaible from http://www.taller.org.ar/Ciudades_sustentables/Pilas/Informe_Pilas_IV.pdf

recipiente para ser usado como materia prima en la producción de electrodos de cadmio.²⁵

Las Pilas de formas cilíndricas o botón se colocan en un horno y se llevan a 400-500 °C en una atmósfera con un leve exceso de oxígeno. En esta etapa de la pirólisis el material plástico se descompone en gases los cuales se queman a 900 °C con exceso de aire. Los gases residuales se lavan para remover compuestos clorados y algunos fluorados presentes. Luego se eleva la temperatura del horno a 850 °C y se destila el cadmio. Los residuos de la destilación contienen un 50 % de níquel. El aire de ventilación se filtra y las emisiones de cadmio no deben superar los 20 ug Cd/m³. El proceso contempla un tratamiento posterior para los filtros de aire y los barros generados.

b) En Estados Unidos: existe la Corporación Recicladora de Baterías recargables (**RBRC**),²⁶ en el cual el programa envía todas las baterías Ni-Cd a la Compañía Internacional de Reclamación de Metales, facilidad de recuperación de Cadmio en Ciudad Ellwood (Massachussets). El níquel y el hierro son separados del cadmio, y entregado a productores de acero, para manufacturar productos de acero inoxidable. El cadmio recuperado, a un nivel del 99.95 % de pureza, es usado para fabricar baterías nuevas Ni-Cd recargables.

c) Argentina - Reciclado de Baterías (Ni/Cd) de teléfonos móviles. Las baterías de los teléfonos móviles tienen una vida útil de uno a tres años. Pueden ser contaminantes si no se es cuidadoso con su destino final. Desde que fue lanzado en diciembre de 1999, el Primer Programa de Reciclado de Baterías, ejecutado por Movistar, apoyado por la Fundación Vida Silvestre Argentina y auspiciado por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, ya ha permitido reciclar más de 400.000 baterías. Es un resultado concreto, logrado voluntariamente por una empresa y el público. Y sin una norma legal que obligue a los usuarios a reciclar sus baterías. La batería que se descarta no vuelve a ser utilizada como batería, sólo se reciclan sus componentes. El reciclado comienza con el desarmado de la batería. Toda la parte plástica se condensa en vapor y luego se vitrifica y lo que se obtiene luego puede ser reutilizado, por ejemplo, en asfalto. Las partes metálicas —níquel y cadmio— a través de un horno de fusión se recuperan y se obtiene lingotes de cadmio y de níquel ferroso —porque tiene partes de hierro— y eso se utiliza luego en las industrias, como por ejemplo la automotriz.

d) Colombia - En la Universidad Nacional de Colombia, la facultad de ingeniería química, ha realizado investigaciones sobre el tratamiento de pilas de celulares

²⁵ALZATE, Jader, **Baterías Recargables de Níquel Cadmio**, [online], Avalaible from www.geocities.com/jader_alzate/Baterias.htm.

²⁶ NEW GUIDANCE ON RECHARGEABLE BATTERIES, Warner Bolletin_ Nueva [online], 2006, Estados Unidos - N° 60, p 13, [citado el 10 de Octubre de 2006], Avalaible from <http://www.rbrc.org/call2recycle/spanish/index.html#>

considerado métodos térmicos y químico. El tratamiento térmico consiste en el tratamiento de las baterías en un horno sellado con atmósfera modificada por nitrógeno o argón con control de salida de gases. Debido a la diferencia de punto de fusión del cadmio respecto al níquel y hierro, éste puede ser separado de los otros metales condensado y solidificado. El hierro y níquel quedan en el horno siendo fundidos a mayores temperaturas para formar una aleación. Además de los altos costos energéticos y la producción de gases contaminantes se suma el hecho que el proceso sólo puede tratar baterías de níquel-cadmio, excluyendo las de níquel metal hídrico.

También el método químico tiene ese problema, ya que éste nuevamente se dirige al tratamiento de baterías de níquel-cadmio. En este proceso se parte por la digestión de las baterías en un medio fuertemente ácido, donde se disuelven sus componentes. El níquel y cadmio son reducidos y retirados de la solución por electro-disposición. Aumentando el pH se puede retirar luego el hierro. Este método es de bajo costo energético y de fácil manejo tecnológico. Sin embargo además de sólo poder tratar un tipo de pilas son necesarias numerosas etapas y un alto nivel de seguridad por el manejo de sustancias químicas.

Por último la misma facultad realizó un estudio considerando el tratamiento conjunto de las baterías de níquel-cadmio y níquel metal hídrico. Este proceso consiste en el tratamiento térmico en atmósfera reductora, una vez molidas las baterías y separada la fracción de plásticos. Se obtiene cadmio con alta pureza, el níquel y hierro son reducidos a mayores temperaturas y separados de las cenizas y tierras raras por medio magnético.

Un estudio realizado por el DAMA (Departamento Administrativo del Medio Ambiente), adelanta una interesante propuesta, en la que se han involucrado tanto a fabricantes o importadores, distribuidores, consumidores, empresas de servicios públicos, autoridades ambientales y civiles, para establecer un convenio de gestión integral de baterías, accesorios y equipos de telecomunicaciones fuera de servicio. En dicho convenio participan: Samsung Electronics, Motorola, Panasonic, BellSouth, Comcel, Varta, Nokia, Avantel, la CCIT y el DAMA. Este convenio permite la creación de un proyecto piloto para el montaje de una planta de ensamblaje, separación y valorización de los componentes de los equipos fuera de servicio y baterías usadas. Adicionalmente, la implementación de un sistema de depósito de reembolso a través de los distribuidores y puntos de venta de las baterías y equipos de telecomunicaciones nuevos, que incentive la devolución de los equipos que ya no se usan, para integrarlos al sistema de recolección y transporte y facilite la permanencia de la empresa gestora. Existen dos obstáculos para llevar a cabo el proyecto: El primer obstáculo es la recolección de dichos residuos para evitar que sigan siendo llevados al relleno sanitario de Doña Juana. El segundo, son los costos de este programa piloto de gestión. La inversión prevista es de \$ 119.500.000 aproximadamente para desensamblar sólo 50.000 baterías durante tres meses.²⁷

²⁷ OJEDA, Burbano, pilas y baterías, [online], Bogotá, Colombia, Noviembre de 2001 [citada en 4 de Diciembre de 2006], Avalaible from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsare/e/congreso/bat-col.ppt#263,1>, Diapositiva 1

2.1.4.2 **Pilas Níquel/Hidruro Metálico (Ni-Metal-Hidruro)** El Cadmio se reemplazó con una aleación metálica, que constituye una nueva generación de pilas recargables que tienden a ir reemplazando a las de Ni/Cd.²⁸ Tienen una potencia energética entre 20 y 30 % mayor que los de Ni/Cd. El Cadmio se ha reemplazado por Hidrógeno. Su potencia y longevidad son superiores a los de Ni/Cd, y además no tienen efecto memoria, es decir que se pueden recargar en cualquier momento sin que se estropeen. Tienen el inconveniente de no soportar temperaturas superiores a 45 °C. Necesitan de un cargador especial. No sirven los utilizados por las baterías de Ni/Cd.

Las clásicas baterías de níquel-cadmio están siendo sustituidas por las de hidruro metálico por tener un mejor comportamiento, durabilidad y también porque al carecer de Cadmio estas baterías no polucionan tanto el medio ambiente. Al cargar estas baterías se realiza electrólisis de agua que da como resultado hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno se almacena en forma de un hidruro metálico, mientras que el oxígeno se combina con hidróxidos de níquel. En el proceso de descarga los hidruros metálicos devuelven el hidrógeno almacenado que se combina con parte del oxígeno del hidróxido para de nuevo formar agua. Como electrolito se emplea una disolución de hidróxido potásico en agua.

Tabla 12. Características de las pilas Ni – Mh

Baterías de Níquel metal hidruro (NiMH)	
Son notablemente más caras que las de Ni-Cd, pero tienen aproximadamente un 50 % más de energía a igualdad de peso.	
<i>Componentes principales:</i>	Níquel, hierro y potasio 10-1.000 g
<i>Rango de peso típico:</i>	Fabricantes de equipos
<i>Mercado:</i>	videocámaras, telefona móvil,
<i>Aplicaciones de uso:</i>	ordenadores.

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Avalaible from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

El material en que se almacena el hidrógeno es un compuesto intermetálico de formula aproximada $LaNi_5$, es un compuesto intermetálico que tiene la

²⁸ AGUADO-MONSONET, Miguel A Nuevas tecnologías para baterías: desarrollos prometedores [online], IPTS, DG-XII, Vol 36, Sevilla, España, 2003, [citado el 16 de noviembre de 2005], Avalaible from : <http://www.jrc.es/pages/iptsreport/vol36/spanish/ENE1S366.htm>

particularidad de absorber hidrógeno cuando aumenta su presión y de devolverlo cuando esta baja. Parece ser que el hidrógeno se almacena en los huecos de la red cristalina de este compuesto de manera similar a como lo hace el Paladio. Hay más aleaciones de este tipo que se emplean precisamente para almacenar hidrógeno. Este sistema de almacenamiento resulta mucho más conveniente que almacenar hidrógeno comprimido en botellas o licuado a baja temperatura. Dentro de una de estas baterías podemos encontrar entre otras cosas una aleación de níquel y lantano con curiosas propiedades, hidróxido de níquel además de otros elementos constructivos.

Figura 4. Pila Níquel Hidroruro metálico



Fuente: COPENHAGU, Frank, Aprovechamiento de baterías de hidruro metálico, [online] 2006, España, [citada el 0 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://www.cientificosaficionados.com/Reciclado/hidruro%20metalico.htm>.

Dentro de los componentes al separarlos se encuentran tres capas: Una capa de color grisáceo del hidruro metálico apelmazada alrededor de una lamina perforada de níquel. Una capa de papel grueso impregnada del electrolito. Y otra capa de color negruzco compuesta de hidróxido de níquel que lleva en su interior una red de níquel para mejorar su conducción eléctrica.

Figura 5. Pila Níquel Hidroruro metálico



Fuente: COPENHAGU, Frank, Aprovechamiento de baterías de hidruro metálico, [online] 2006, España, [citada el 0 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://www.cientificosaficionados.com/Reciclado/hidruro%20metalico.htm>.

2.1.4.2.1 Reciclado de baterías de Níquel Hidruro Metálico. A pesar que las baterías de NiMH son consideradas una tecnología más "amigable con el medio ambiente" que las dos Ni/Cd y plomo ácido. El principal derivado es el Níquel – que es considerado semi-tóxico. El NiMH también contiene electrolitos, que en grandes cantidades son peligrosos para el medio ambiente. Los programas de reciclado de baterías de NiMH, hoy en día están, tan ampliamente distribuidos y son tan exitosos como los programas de plomo ácido, luego en la práctica la mayoría de las baterías de NiMH son dispuestas en basureros locales.²⁹

2.1.4.3 Pilas de Litio - Ión-Litio (Li-Ión). Utilizan un ánodo de Litio y un cátodo de Ion. El litio es el metal más ligero y esto da lugar a una alta capacidad específica, lo que permite obtener la misma energía con un peso muy inferior.

Ión-Litio (Li Ión). Las Baterías Litio-Ion (Li-ion) utilizan un ánodo de Litio y un cátodo de Ión.³⁰ Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a densidades del orden de 115 Wh/kg. Además, no sufren el efecto memoria. Son los utilizados por los teléfonos móviles, ordenadores portátiles, cámaras de vídeo y cámaras digitales. Ofrecen una gran capacidad en relación a su tamaño y peso. Son muy caros y se suelen cargar sin sacar del aparato al que alimentan. Las características de carga de una batería de Ión-Litio son razonablemente buenas y se comportan de manera similar a las baterías de Níquel-Cadmio durante la descarga. El voltaje de una célula de Ión-Litio es de 3.7 Voltios lo que permite diseñar baterías de una célula. Las baterías de Ión-Litio no requieren mantenimiento, cosa que no puede decirse de otras baterías. No tienen memoria de carga y no es necesario realizar un reciclado cada cierto número de cargas. Se pueden recargar hasta 2.500 veces y gracias a su bajo precio constituyen la mejor alternativa en el mercado de la electrónica de consumo. Pero las baterías de Ion-Litio también tienen defectos. Su estructura es frágil y requieren de un circuito de seguridad. El envejecimiento de las baterías de Litio es un tema que los fabricantes suelen ocultar. Las capacidades químicas de una batería se degradan notablemente en un periodo de un año. Transcurridos dos o tres años, las baterías dejan de funcionar. Esta degradación química ocurre tanto si se utiliza la batería o no. La pérdida de capacidad de las baterías de ión-litio es permanente porque los metales usados en las celdas están designados para operar solamente durante un período de tiempo específico, y se consumen durante la vida útil especificada. Esto se realiza, en parte, por razones ambientales, ya que algunos de los productos químicos utilizados para maximizar la capacidad son altamente tóxicos.

²⁹ COPENHAGU, Frank, Aprovechamiento de baterías de hidruro metálico, [online] 2006, España, [citada el 0 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://www.cientificosaficionados.com/Reciclado/hidruro%20metalico.htm>., <http://www.cepis.ops-oms/bvsare/e/proypilas/rematec.pdf>

³⁰ CASAN Nieves Pastor, Baterías De Litio, La alternativa al plomo y al cadmio , Investigación Y Ciencia (Ciencia Y Empresa), [online] Abril. 1996, Barcelona , España, [citada el 10 de Diciembre de 2006], Avalaible from http://Baterias de litio_ La alternativa al plomo y al cadmio

En el momento de la disposición, el nivel de toxicidad disminuye a un nivel razonablemente bajo.

Además de sus características técnicas, la tecnología de litio es de las más versátiles y puede llegar a encontrar aplicaciones comerciales en muy distintos ámbitos, desde los que requieren pequeñas y delgadas micro baterías hasta baterías de alta capacidad y reducido peso para automóviles. Finalmente, y a diferencia del plomo o cadmio, los materiales que componen las baterías de litio más prometedoras no representan un problema de posible contaminación ambiental.³¹

2.1.4.3.1 Reciclaje de baterías de Litio. Hoy en día, continúa la investigación y el desarrollo de la tecnología de baterías recargables de litio con objeto de mejorar aspectos específicos de sus características técnicas. Así por ejemplo podemos mencionar los esfuerzos para desarrollar electrodos en forma de capa delgada que permitan el montaje de sistemas de mayor potencia, la búsqueda de nuevos materiales que mejoren aún más la capacidad y energía específicas de las celdas o la fabricación de baterías "plásticas" delgadas y flexibles aptas para su uso en aplicaciones microelectrónicas, así como el diseño de baterías de litio totalmente sólidas. Todavía no ha sido posible reciclar las baterías de litio.

2.1.5 Baterías plomo/ácido. Se utilizan en automóviles. Están constituidas por pilas formadas por un ánodo de plomo, un cátodo de óxido de plomo y ácido sulfúrico como medio electrolítico.

2.1.5.1 Reciclado de Baterías de Plomo/Ácido. Por su composición las baterías de plomo ácido usadas, pueden ser objeto de procesos de reciclaje industrial bajo parámetros estrictos de producción limpia, a través de los cuales se puede recuperar prácticamente el 100% de los materiales y sustancias que conforman la batería, sin causar riesgos a la salud de las personas o al ambiente. De hecho, gran cantidad de organismos promueven hoy en día el reaprovechamiento de las baterías una vez terminada su vida útil. Cabe mencionar entre ellos a la Secretaría del Convenio de Basilea sobre el Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos y su Eliminación a nivel Internacional.³² En todos los países desarrollados, en general, existe una planta de reciclado de baterías de plomo/ácido que acepta las viejas baterías sin costos de admisión. En general una batería nueva de plomo/ácido contiene 60% a 80% de plomo y plástico reciclable. Cuando una batería usada se recupera, se envía a una planta

³¹ STAFF, Aumentan reciclaje de baterías, ElectronicosOnline, - Informando a la industria electrónicaLitio, [online], 2005, Estados Unidos, [citado el 20 de Diciembre de 2006], Avalaible from <http://electronicosonline.com/noticias/comentarios>

³²GRUPO TÉCNICO DEL CONVENIO DE BASILEA, Centro Internacional de manejo del plomo [online] [ilmc.org_baterias usadas](http://www.ilmc.org_baterias_usadas), Trinidad - May, 2001, Estados Unidos, [citado el 20 de Diciembre de 2006], Avalaible from <http://www.ilmc.org/spanish/ILMC%20Folleto.pdf>.

de reciclado autorizada en donde bajo estrictas regulaciones ambientales tanto el plomo como el plástico son recuperados y enviados a un fabricante de baterías. El ciclo de reciclado puede continuar en forma indefinida. Eso significa que tanto el plomo como el plástico de la batería de plomo/ácido han sido y continúan siendo reciclados muchas veces.

El reciclaje resulta acorde y complementario a tendencias actuales como las de producción limpia y responsabilidad social, a través de las cuales se evidencia que una adecuada gestión ambiental puede representar un gran ahorro económico para la empresa, al reducir los costos de las materias primas e insumos y paralelamente, los costos del tratamiento de la contaminación.

Proceso de reciclaje. ³³. El reciclaje del plomo, se obtiene de la fundición de los “scrap” (placas usadas). Debe tenerse en cuenta que el plomo tiene la mayor tasa de reciclaje de todos los metales industriales. No obstante, el propio ácido sulfúrico y el polipropileno también son susceptibles de ser reciclados.

Las piezas de polipropileno se lavan y se secan para ser enviadas a una planta de reciclaje de plásticos, en la que se someten a trituración, fundición y extrusión para producir gránulos de plástico que se utilizan en la fabricación de cajas de baterías. En ciertos procesos de reciclaje se unifican los residuos de plomo, pero en las plantas más eficientes se funde la pasta interna para recuperar plomo blando y se envían las rejillas y los bornes a hornos de fundición para producir plomo duro. El plomo obtenido por ambos medios se refina y cuela en lingotes para ser vendido a los fabricantes de baterías como materia prima. El plomo blando es apto para pasta de baterías y el plomo duro obtenido por fundición es ideal para rejillas y bornes. En muchos países, sobre todo en los del Caribe y América Latina, las placas de plomo de las baterías de los automóviles se queman a fin de producir óxido de plomo para esmaltes cerámicos. Los separadores de polietileno se pueden segregar de los desechos generales de polipropileno para ser reciclados independientemente, aunque en la mayoría de las plantas secundarias se utilizan estos desechos simplemente como combustible complementario.

Es posible procesar el ácido de las baterías de cuatro maneras:

1. Se puede neutralizar. Los efluentes de este proceso se deben tratar para alcanzar el grado de pureza que exijan los reglamentos vigentes para desecharlos en la red cloacal.
2. Se puede regenerar combinándose con ácido concentrado, para ser usado como electrolito en baterías nuevas.
3. Se puede tratar químicamente para convertirse en fertilizante agrícola con el agregado de amoníaco, o en sulfato sódico reforzado para fabricación de vidrio y textiles o como aditivo volumétrico o estabilizador en detergente para la ropa.
4. Se puede convertir en yeso para la producción de cemento o la fabricación de paneles de fibra para la construcción.

³³ Prepublicación Proyecto de Reglamento sobre el Manejo de Baterías de Plomo Acido: http://www.conam.gob.pe/documentos/residuos/leg_rrss/Proyecto%20Reglamento%20Baterias%20Usadas.pdf. Ministerio de Medio Ambiente, Perú. ambiente@produce.gob.pe;

Riesgos para la salud: La reparación y el reciclaje de los acumuladores de plomo no sólo puede provocar intoxicación por plomo entre los trabajadores, y a veces sus familias, sino también una amplia contaminación del medio ambiente. (Matte y cols. 1989).

2.1.5.2 Proyecto en Colombia de reciclaje de baterías de Plomo/ácido - Baterías MAC S. A. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “Otorga Licencia Ambiental a la empresa MAC S.A., para la actividad de importación de baterías usadas y su reciclaje las cuales se reincorporarán al ciclo económico productivo mediante mecanismos de aprovechamiento y valorización”

34

De acuerdo con los criterios del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y lo establecido en el Convenio de Basilea, las baterías usadas son consideradas residuos peligrosos por su contenido de plomo y ácido. Para garantizar que estas características no pongan en riesgo la salud ni el ambiente durante la operación de importación, transporte, almacenamiento en puerto de origen y destino, se deben tener en cuenta las condiciones en la actividad de importación de las Baterías Secas: En buen estado físico, con tapones, embalaje adecuado, batería transportada en contenedores sellados resistentes al impacto, que en caso de un accidente no se presente pérdida de material hacia el exterior. Con lo anterior, se garantiza que el material contenido en la caja plástica no podrá escaparse, dado que las baterías en su proceso de fabricación, cumplen con normas internacionales que garantizan su hermeticidad.

Proceso de reciclaje de baterías usadas. El Proceso de Metalurgia, en el cual las baterías usadas son transformadas para obtener la materia prima para realizar el aprovechamiento y valorización del producto obtenido, incluye: recepción de las baterías, triturado, fundición y refinación. A continuación se describe este proceso:

a) Recibo y Almacenaje de las Baterías Usadas Inicialmente las baterías usadas importadas son recibidas en la planta de MAC S.A., donde son descargadas y almacenadas para iniciar su proceso. De aquí son conducidas por un operador a través de una banda transportadora hacia el molino de martillo.

b) Triturado. El proceso de reciclaje, se inicia con el triturado de la batería de desecho en la línea de triturado compuesta por un molino de martillos de impacto y bandas separadoras de materiales que asegura que todos los componentes como las placas de plomo, conectores, cajas plásticas y los residuos de electrolito ácido sean fraccionados, clasificados y separados. El sistema utiliza como principio la clasificación por vía húmeda (Es el método de separación de materiales utilizando como medio el agua, se aprovecha la diferencia de densidad de los materiales, por ejemplo el plástico flota sobre el agua). El electrolito de la batería al mezclarse con el agua utilizada en el proceso de separación, produce

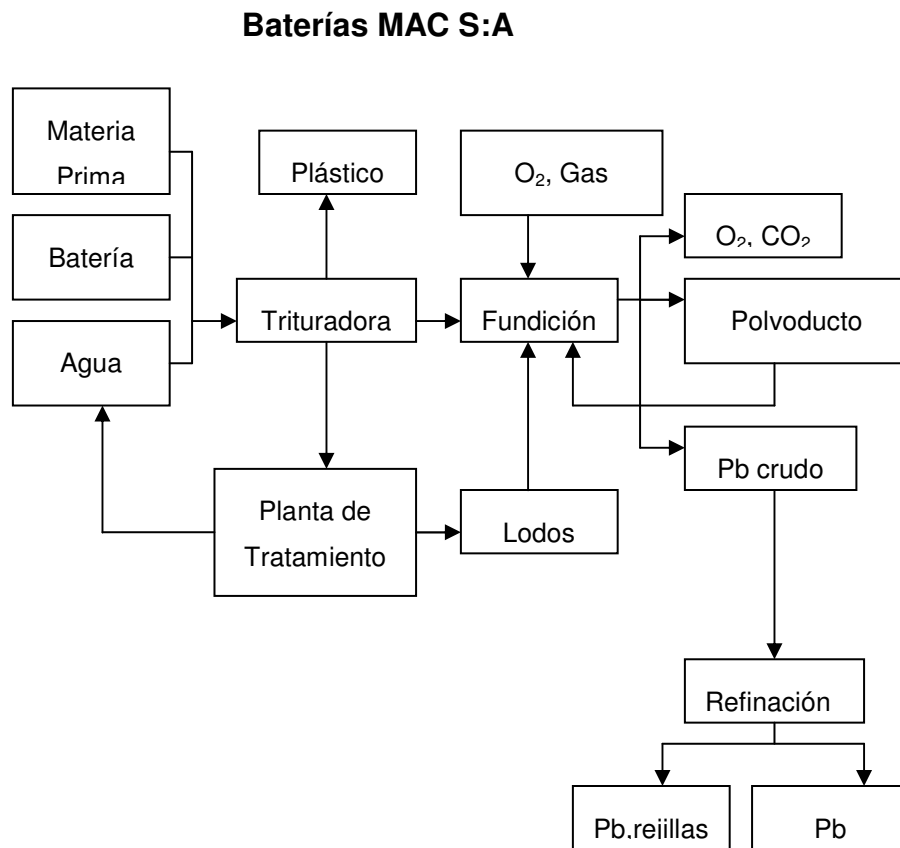
³⁴ RESOLUCIÓN 1236. JUN, 2006. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.

agua acidulada, la cual es bombeada hasta la planta de tratamiento de aguas. La pasta de plomo y el plomo metálico son descargados en los bunkers o refugios, para ser mezclados con otros elementos.

En el proceso de trituración se obtiene básicamente tres (3) productos:

- 1) El plástico que se conduce al área de peletizado, donde se obtienen los pellets que mas tarde van al proceso de inyección y finalmente a ensamble.
- 2) Los óxidos de plomo, sulfatos de plomo y el plomo metálico que son dirigidos al siguiente proceso de fundición.
- 3) El agua ácida obtenida por el contacto del agua del proceso con el electrolito contenido en la batería. Este fluido es enviado hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

Figura 6. Proceso actual de reciclaje de baterías plomo/ácido



Fuente: TECNOLOGÍAS LIMPIAS, Reciclaje de Baterías de desecho – Baterías MAC S:A, [online], Cali, Valle, Agosto 2 de 2004, [citado en Febrero de 2006], Available from <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/casos/Caso%20ID21.doc>

C) Fundición De los bunkers, la mezcla es depositada con la ayuda de un

cargador mecánico en un equipo alimentador. Luego es introducido por este en un horno rotatorio, el cual está revestido con ladrillo refractario tipo básico y equipado con un quemador, que opera con gas natural y aire, obteniéndose de esta manera temperaturas hasta 1200 °C, que generan un proceso de oxidación-reducción y consecuentemente, logran la transformación de óxido de plomo y plomo metálico en plomo crudo.

Los gases generados por el proceso de fusión de plomo y oxidación-reducción son procesados en un sistema de captación de gases de alto rendimiento de separación y filtraje; los gases pasan por ocho cámaras estáticas de precipitación de sólidos o colectores para la retención de gran parte de las partículas.

Es en este proceso se generan las escorias, residuos sólidos industriales, que luego de su análisis físico y químico para determinación de metales pesados y de acuerdo con la concentración de sus contenidos, es entregado a terceros para su disposición final. En caso de presentarse contenido de metales por encima de la norma, serán nuevamente procesadas, mediante su reincorporación al proceso productivo hasta obtener los niveles permitidos por la normatividad ambiental.

d) Refinación. El plomo líquido es descargado del horno a través de una canal a un crisol de lavado, donde se realiza un primer tratamiento para limpieza de impurezas; éste luego es bombeado a un recipiente de transferencia, para trasladar el plomo líquido hasta los crisoles de refinación los cuales son recipientes fabricados con materiales especiales resistentes a altas temperaturas y equipados con un quemador a gas y un agitador movido por un moto-reductor.

El proceso de refinación, usa la tecnología denominada “cascada”, lo cual significa que el plomo pasará por diferentes procesos de refinación en cada crisol, hasta obtener las especificaciones de composición química para cada tipo de plomo requerido: Plomo calcio, plomo refinado y plomo antimonio. En el proceso se generan Drosses (plomo sucio que se recupera nuevamente en el proceso de fundición) que son retirados con una máquina de remoción de Drosses. Obtenida la especificación requerida, el plomo en forma líquida es bombeado hasta una máquina lingoteadora, donde es vaciado automáticamente en moldes enfriados por agua para obtener lingotes de 27 kg. El plomo en estas condiciones, es utilizado en el proceso de producción de nuevas baterías.

2.1.6 Pilas verdes. Los fabricantes están comenzando a sacar al mercado un nuevo tipo de pilas, conocidas como verdes, ecológicas o bio-pilas.³⁵ La ventaja de esta novedad es que apenas contienen mercurio. Aunque pueden ser una alternativa interesante, no deben constituir una excepción sino la regla general. La ausencia de metales tóxicos en las pilas permite tirarlas sin ningún riesgo a la basura y permite que no sean consideradas como residuos peligrosos o tóxicos.³⁶

³⁵ GALEON, Pilas verdes o ecológicas, Hispavista, [online], [citado el 12 de Julio de 2006], Available from: <http://ecoabc2.galeon.com/enlaces1058551.html>.

³⁶ PROFESSIONAL_DURACELL, Web page Duracell, [online], [citado el 12 de Julio de 2006], Available from: http://professional.duracell.com/business_support/sales_tools/pdfs/Chemical_Systems_Guide.pdf.

Las pilas alcalinas estándares y las de zinc-carbón superan el test de procedimiento del US EPA's Toxicity Characteristic Leaching y no están consideradas como residuo peligroso en los Estados Unidos. Igualmente no están consideradas como residuos peligrosos o tóxicos por Japón y la Unión Europea. Las pilas alcalinas así como las de zinc-carbón y de cloro de zinc pueden ser vertidas sin riesgo significativo para el medio ambiente.

2.1.6.1 Reciclaje de Pilas primarias sin mercurio. Se ha conseguido la viabilidad del reciclaje de las pilas primarias que no contienen mercurio, en hornos arco eléctrico utilizado por la industria del acero.

2.1.7 Información general sobre el reciclaje de las pilas

2.1.7.1 Beneficios del reciclaje de las pilas. Reciclar las baterías gastadas es de gran importancia, ya que algunos componentes tóxicos de aquellas presentan un riesgo para el medio ambiente y la salud humana. Entre las ventajas del reciclaje se incluyen:

Protección de recursos naturales: Al fabricar productos con materiales reciclados, y no con materiales vírgenes, se puede conservar la tierra y disminuir las explotaciones mineras. Disminuyen los riesgos y contaminación ambiental al hacer uso adecuado de los desechos. Promueve la reducción del gasto de agua y energía y recursos naturales.

Economía de energía: La fabricación de una batería reciclada exige menos energía. De hecho, la producción del metal de plomo secundario, por ejemplo, exige una cantidad cuatro veces menor de energía que la del plomo primario.

Conservación del agua y aire limpios: En la mayoría de los casos, la fabricación de productos con materiales reciclados produce menos contaminación del aire y agua que la fabricación a partir de materiales vírgenes. Además se promueve la disminución de riesgos por contaminación ambiental al hacer uso adecuado de los desechos.

Conservación de la capacidad de vertederos sanitarios: Cuando los materiales reciclados se destinan a productos nuevos, en lugar de eliminarse en vertederos o incineradores, se conserva la capacidad de los vertederos sanitarios.

Ahorro de dinero y creación de trabajos: La industria de reciclaje y los procesos afines crean muchas más oportunidades laborales que los vertederos sanitarios o los incineradores de residuos. Además, el reciclaje suele ser la opción de manejo de residuos menos costosa para las ciudades y poblados.

Transformación de desechos en productos útiles

Mejoras estéticas en el entorno

2.1.7.2 Índices de reciclaje. Desafortunadamente, el reciclaje de baterías

no forma parte de las empresas de servicios públicos y las baterías desechadas sólo se reciclan porque constituye una actividad rentable para la industria secundaria no ferrosa. No obstante, en los últimos años, la sanción de reglamentaciones esenciales en materia ambiental y de salud ocupacional, así como el precio del plomo (que ha alcanzado niveles muy bajos) produjo un recorte en los márgenes de utilidades a tal extremo que casi todas las fundiciones de plomo secundario que carecen de ventajas impositivas apenas llegan al umbral de rentabilidad y otras han tenido que clausurar sus operaciones debido a pérdidas graves.

Por ende, cada vez reviste mayor importancia para la industria del plomo secundario poder generar grandes ingresos a partir de las baterías gastadas con el fin de mejorar los márgenes y mantener la rentabilidad.

Si bien existen algunos procesos industriales capaces de fundir las baterías completas, la mayoría de las plantas secundarias modernas desarmen las baterías con trituradoras a martinete y separan los componentes por gravedad en una serie de tanques de agua.

2.1.7.3 Consideraciones para tener en cuenta antes del reciclado de las pilas. Para que un proceso de reciclado resulte viable, deben cumplirse determinadas condiciones:

- Cantidad suficiente de productos usados.
- Que los productos usados contengan una alta concentración de las sustancias a ser recicladas.

Existencia de un adecuado sistema de recolección con un alto grado de retorno. El cual a su vez depende de lo siguiente:

- Fácil identificación de la categoría del producto a recolectar, a través de impresiones (marking) y publicidad
- Aceptación de parte del consumidor, que se trata de un innegable beneficio social
- Existencia de un sistema simple que no implique grandes demandas para los consumidores.

Requerimientos energéticos justificables, bajo consumo de material adicional, y un proceso de reciclado que genere bajas emisiones y residuos.

Materiales secundarios re-usables.

- Que los materiales recuperados tengan un valor comercial significativo.
- Clasificación de los grupos de baterías anteriormente mencionados.
- Viabilidad económica del reciclado en comparación con la producción de materiales primarios, en algunos casos teniendo en cuenta la reducción parcial de costos de disposición.

Las condiciones de precios prevalecientes en la actualidad, indican la siguiente evaluación de la viabilidad económica de reciclado de los sistemas individuales de baterías:

- Viabilidad económica cierta para: baterías de plomo, pilas botón de zinc-óxido de plata.
- Viabilidad económica incierta para: baterías de níquel/cadmio.
- Viabilidad económica no factible para: pilas botón primarias (no recargables), excepto las zinc-óxido de plata, pilas comunes y alcalinas. Para este proceso se requiere un elevado consumo de energía y los tratamientos posteriores para recobrar el resto de componentes exigen una elevada inversión económica no siempre recuperable.

2.1.7.4 Conclusiones del reciclado de pilas. Desde hace muchos años existen métodos de reciclado técnicamente ensayados y comprobados en la práctica para la recuperación de metales para casi todos los electroquímicos significativos almacenados en los sistemas (Pb/PbO₂, Ni/Cd, Zn/Ag₂O, Zn/HgO). Algunos se extienden también para los electrolitos (como ácido sulfúrico) y para la utilización térmica de las partes combustibles del recubrimiento (plástico, papel, carbón, etc.).

- Todavía no se ha utilizado a escala comercial la tecnología para las pilas comunes y alcalinas. El CJC (Clean Japan Center) opera una planta piloto en Hokkaido. Se conocen otros procesos desarrollados por VOEST, RECYTEC, SUMITOMO y otros.
- No se dispone de tecnología de reciclado para las pilas de litio.
- Las plantas de reciclado para las baterías de plomo y pilas botón de plata trabajan económicamente. El proceso de reciclado para las pilas botón de mercurio requiere altos subsidios de financiamiento, así como para las de Zn/MnO₂. Las considerables fluctuaciones en los precios del níquel y el cadmio, conducen a que el reciclado de las baterías de Ni/Cd oscile entre pequeñas ganancias y grandes pérdidas.
- Para la recolección separada de los tres tipos reciclables (baterías de plomo y Ni/Cd, y micropilas) se producen costos y dificultades adicionales. Para los consumidores es difícil distinguir entre las micropilas de mercurio, plata y Ni/Cd. Podría ayudar el hecho que fuesen identificadas con un símbolo.
- Un método ensayado y eficaz de separación de pilas botón de otros formatos de pilas, consiste en utilizar un tamiz vibrador con una base ranurada.
- Los metales reciclados (Pb, Cd, Hg, Ag) pueden usarse directamente para fabricar baterías o bien después de una etapa de purificación adicional. El hierro y el níquel pueden usarse en metalurgia, el ácido sulfúrico en plantas para limpieza de metales. Sin embargo aún no ha sido posible la reutilización del Zn y MnO₂ reciclado experimentalmente.

2.2 RELLENOS DE TERRENO

Se refiere a una instalación ingenieril para la evacuación de los residuos sólidos, diseñada y explotada para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública. Para que las mejores condiciones se den en los lugares previstos para utilizar como rellenos de terreno, debe asegurarse su estanqueidad (esto es, que no se filtren los elementos a través del suelo), y asegurar un monitoreo continuo de las concentraciones. Allí los materiales inmovilizados se tendrán dentro de un medio de procesos químicos como la absorción y precipitación controlada gracias a láminas impermeabilizantes, lechos de cal y un sistema de recolección de filtraciones.

Respecto a los rellenos de terreno, hay que reconocer que en la descarga de estos productos, se encontrará una acumulación de metales que pueden generar descargas eléctricas y gases inflamables.

Si se efectúa una separación de las pilas hogareñas de las pilas botón (óxido de mercurio) y las recargables (níquel-cadmio), suponiendo que éstas últimas sean destinadas a lugares de relleno separados, tendríamos el problema solucionado.

Pero para que las mejores condiciones se den, los lugares previstos deberán asegurar su estanqueidad (esto es, que no se filtren los elementos a través del suelo), también se deberá asegurar un monitoreo continuo de las concentraciones. Allí tendríamos estos materiales inmovilizados dentro de un medio de procesos químicos como la absorción y precipitación controlada gracias a láminas impermeabilizantes, lechos de cal y un sistema de recolección de filtraciones. Claro que con una mayor concentración de estos elementos tóxicos, tanto mayor es el riesgo de que ocurran fallas en el sistema, ya que es muy difícil en principio asegurar esa estanqueidad total prioritaria.

Se debe tomar en cuenta, el riesgo que se asume cuando se quiere acumular este material junto. Si el vertedero, en cambio, se encarga de asimilar la basura doméstica junto con estos elementos, las proporciones de las sustancias disminuyen y su degradación puede ser mejor asimilada.

2.2.1 Conclusiones de la disposición de las pilas usando un relleno de terreno.

- Es preferible continuar con la disposición de pilas que contengan cada vez menos proporciones de elementos tóxicos, de esa manera se evita caer en el uso de técnicas que trasladan los costos en su disposición final.
- Con una mayor concentración de estos elementos tóxicos, tanto mayor es el riesgo de que ocurran fallas en el sistema, ya que es muy difícil en principio asegurar esa estanqueidad total prioritaria.
- Si el vertedero, en cambio, se encarga de asimilar la basura doméstica junto con estos elementos, las proporciones de las sustancias disminuyen y su degradación puede ser mejor asimilada.

2.3 RELLENO DE SEGURIDAD.

El objetivo del relleno de seguridad, especialmente diseñado para almacenar residuos peligrosos, recibe sólo pilas provenientes de la recolección.³⁷ Las siguientes son sustancias tóxicas presentes en las pilas usadas, que confieren peligrosidad a los residuos y que pueden ser dispuestos en un relleno de seguridad:

- Compuestos de zinc
- Cadmio y sus compuestos
- Mercurio y sus compuestos
- Plomo y sus compuestos

Los "rellenos de seguridad" almacenan de un modo más seguro las pilas recolectadas, que su simple vuelco en los rellenos convencionales y basurales sin control.

Para ello, es necesario recurrir al aislamiento y sellado del sitio. Existen diferentes tipos de confinamiento que sólo serán mencionados:

- Sistemas de recubrimiento.
- Capas de protección superficial.
- Capa de drenaje.
- Capa de arcilla compactada y geomembranas.
- Capa drenante de gases.
- Pantallas impermeables o de aislamiento.
- Pantallas impermeables con base en fluido viscoso.
- Pantallas estructurales de hormigón armado.
- Pantallas por inyección de cemento.

Por ejemplo, en la Municipalidad de Rosario (Argentina),³⁸ las celdas tienen 2 metros cúbicos de volumen, están protegidas por una membrana Gundline HD con una capa inferior conductora para poder detectar mediante un sistema de arco eléctrico cualquier orificio o daño que se produzca en la misma. La membrana Gundline HD está garantizada por un lapso de 10 años según Garantía Tipo de "Gundle Lining Systems Inc." en su aplicación como revestimiento.

2.4 TECNOLOGIAS PARA LA INMOVILIZACION DE CONSTITUYENTES PELIGROSOS

2.4.1 Tecnología de estabilización. En los municipios de la ciudad de Mendoza y de General de Roca (Río Negro, Argentina),³⁹ se ha dispuesto el tratamiento final

³⁷ BENAVIDES, Livia, guía para el diseño de rellenos de seguridad en América latina, Cepis, REPI86,[online], 1993, [citado el 30 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://www.cepis.ops-oms.org/cdrom-repi86/fulltexts/eswww/fulltext/gtz/grespel/guiadisr.html#listas>

³⁸ ALTOLAGUIRRE, Leandro, Residuos peligrosos generados en nuestras casas, [online] Medio Ambiente, su conservación para todas las formas de vida_ ALIHUEN Patagonia, Argentina, 2004, [citado en 10 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.alihuen.org.ar/informacion-en-general/residuos-peligrosos-generados-en-nuestras-casas.html>.

para las pilas recolectadas, aplicando esta tecnología, que consiste en eliminar características peligrosas por medio de reacciones químicas que reducen notablemente su solubilidad y movilidad, y eliminan prácticamente su toxicidad. Para ello, las pilas son colocadas en bolsas plásticas, donde se coloca el correspondiente agente químico estabilizador. Luego, las bolsas son termoselladas.

Por lo general, los compuestos inorgánicos son los de uso más extendido en la estabilización de estos residuos sólidos. Algunas reacciones típicas son:

a) Plomo- Agente de estabilización: Hidróxidos de calcio y sulfuros de sodio

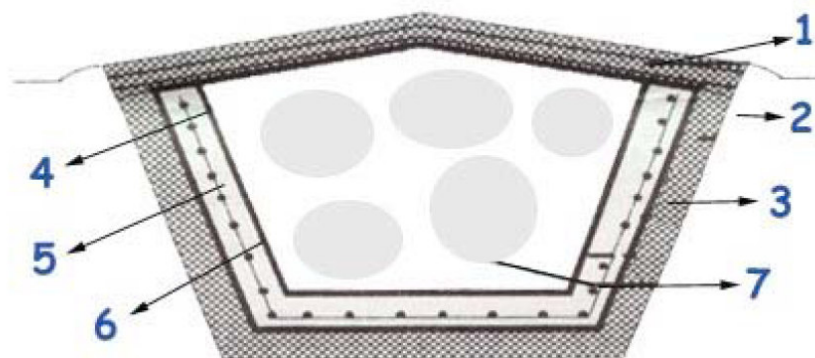
b) Acido sulfúrico - Agente de estabilización: Hidróxido de sodio

c) Cadmio – Agente de estabilización: Carbonato de sodio

d) Mercurio – Agente de estabilización: Sulfuro de sodio y sulfuro de calcio

Las bolsas termoselladas junto con el estabilizador, son colocadas en repositorio especialmente acondicionado que limita totalmente la posible migración de contaminantes, pues los aísla y elimina la exposición a la lixiviación.

Figura 7. Características del repositorio



Fuente: ECOCLUBES, Campaña pilas, [online], Santiago, Chile, [citado el 20 de Diciembre de 2006], available from: http://www.iepe.org/ecoclubes/documents/campana_pilas_2003.pdf.

1. Contrapiso de pendiente
2. Terreno natural compactado
3. Hormigón de limpieza
4. Polietileno de 200 micrones
5. Pared de hormigón armado
6. Membrana de polietileno de alta densidad
7. Bolsas con pilas estabilizadas en masa de hormigón

³⁹ECOCLUBES, Campaña pilas, [online], Santiago, Chile, 2003, [citado el 20 de Diciembre de 2006], available from: http://www.iepe.org/ecoclubes/documents/campana_pilas_2003.pdf. Municipalidad de General Roca - Río Negro – Argentina.

El proceso planteado evita mediante tres barreras de seguridad (estabilizador químico - bolsa de polietileno – repositorio) todo peligro de contaminación y asegura que esta situación se mantenga a lo largo del tiempo.⁸

2.4.2 ENCAPSULAMIENTO. El encapsulado de las pilas usadas se hace con un material que neutralice, secuestre e inhiba, mediante reacciones químicas y retenga posteriormente por solidificación, a los productos metálicos originados y transportados por el lixiviado.⁴⁰

Se recomienda el uso de los tres agentes químicos estabilizantes (cuya función es neutralizar los compuestos peligrosos que se formen) en partes iguales cada componente. El uso de los tres agentes químicos evitará la realización de la clasificación previa del tipo de pila, lo que en ocasiones resulta difícil por el deterioro de su cubierta y por los riesgos de su manipuleo.

Figura 8. Material encapsulado



Fuente: ECOCLUBES, Campaña pilas, [online], Santiago, Chile, [citado el 20 de Diciembre de 2006], available from: http://www.iepe.org/ecoclubes/documents/campana_pilas_2003.pdf.

Una vez colocado el estabilizador y las pilas, las bolsas son termoselladas en ausencia de aire. Estos dos pasos se harán cada uno por duplicado, es decir, las pilas con el neutralizante serán colocadas en el material plástico, que junto con otras bolsas, se le agregara exteriormente, el referido material y todo el conjunto, se introducirá en una última bolsa. De ese modo, existen cuatro barreras de seguridad: dos químicamente activas, y dos físicamente pasivas.

Adicionalmente será necesario recubrir a las pilas conjuntamente con el material de secuestro, con un polímero de tal calidad que sea resistente, y por lo tanto

⁴⁰ BUSTILLOS CASTILLO Paola, Las Pilas o Baterías agotadas no son un residuo cualquiera, [online], 2003, Available from <http://www.monografias.com/trabajos12/monpilas/monpilas.shtml>

⁴⁰ VILLAR Consejera ,C., Para una pila de problemas una gran solución [online], 2005, SEHI, Hidalgo, España, Available from <http://www.soeco.edu.net.co/campanas/manejodepilasusadas/>

impida el pasaje de los gases (amoníaco). Para una mayor seguridad previo al cierre de las bolsas plásticas, se recomienda practicar un vacío parcial. Esto evitará sorpresas posibles como en el caso del encapsulamiento sin elementos que proporcionen seguridad y control.

Al llegar a esta instancia del tratamiento, es posible colocar al conjunto previamente mencionado en pequeños bloques, de aproximadamente del tamaño de seis ladrillos cada uno, armados con cemento, granza y arena (hormigón), lo que constituye una última barrera de seguridad, en este caso, de tipo mecánico. Hay que tener especial cuidado en el momento de llenado del molde, observando que la vibración del hormigón no haga descender la bolsa con las pilas, disminuyendo el espesor del material requerido.

De esta manera se evita la posible filtración y contaminación del medio ambiente, además se prestaría al mismo tiempo un servicio a la sociedad.

Actualmente en el Municipio de General Pueyrredón (Argentina), los bloques de hormigón se están utilizando para el cierre del predio donde se realiza el propio programa de pilas, evaluándose a futuro la posibilidad de utilización para el cercado de seguridad de algunos de los predios de disposición de residuos domiciliarios.⁴¹

Figura 9. Claustro: Bloque de Hormigón Municipio de General Pueyrredón (Argentina)



Fuente: ECOCLUBES, Campaña pilas, [online], Santiago, Chile, [citado el 20 de Diciembre de 2006], available from: http://www.iepe.org/ecoclubres/documents/campana_pilas_2003.pdf.

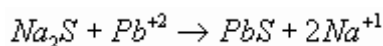
Agentes químicos de estabilización.

⁴¹ ECOCLUBES, Campaña pilas, [online], Santiago, Chile, [citado el 20 de Diciembre de 2006], Available from: http://www.iepe.org/ecoclubres/documents/campana_pilas_2003.pdf.

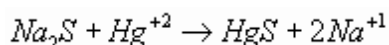
De acuerdo a estudios realizados por el Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental de Argentina, se encontraron tres agentes estabilizantes para neutralizar el plomo, mercurio, ácido sulfúrico y el cadmio, los cuales son:

1. Sulfuro de sodio Na_2S que actúa como neutralizador para los elementos plomo y mercurio. La manera en que se produce la neutralización de estos compuestos esta dada por las siguientes ecuaciones:

Para el plomo:

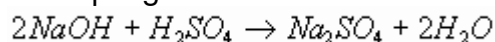


Para el elemento mercurio



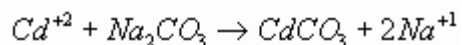
2. El Hidróxido de sodio, se emplea como neutralizador del ácido sulfúrico.

La ecuación estequiométrica que gobierna al sistema esta dada por:



3. Para el cadmio, el agente estabilizador es el carbonato de sodio.

La ecuación correspondiente será



Uso de secuestrantes: Se recomienda usar como secuestrante el Complejante Cebio, por ser una sustancia que presenta las siguientes características:

- Alto poder de solidificación: Es decir, retiene físicamente las fugas del electrolito, transformándolo en sólido. De esta forma no se puede difundir y queda secuestrado en el lugar.

- Neutraliza: normaliza el pH de las posibles fugas, tanto en pilas ácidas como en alcalinas.

- Inhibe: detiene los procesos de dispersión de los contaminantes (formación de gases, corrosión del claustro, etc.).

Con el uso del Complejante Cebio, se evita la formación del lixiviado de las pilas, ya que forma una sustancia sólida. El Complejante Cebio es NO tóxico.

2.4.3 Vitrificación / Desvitrificación. El desarrollo de esta técnica fue tomado del tratamiento realizado a fuentes radioactivas, patentado por la Comisión Nacional de Energía Atómica. Por otra parte, el desarrollo de su ingeniería de proceso aplicado a pilas, quedó a cargo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa (Argentina).⁴²

El primer paso de este método consiste en realizar un tratamiento térmico de las pilas a fin de eliminar, mediante calor, todo aquello que sea combustible (carbón, plásticos, papel). Luego se separan los metales que componen la carcasa y los electrodos internos, que se reducen a chatarra, y sólo se conservan los elementos tóxicos convertidos en óxidos, en forma de polvo. Dicho polvo es el que se mezcla

⁴² ARGENTINA NUCLEAR, Vitrificación de Pilas, [online], Edición 75, Octubre de 2000, Buenos Aires Argentina, [citado el 3 de marzo de 2005], Available from: http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/075-10-2000/075-pub_argentina-nuclear.html

con vidrio, para formar bloques donde no es posible distinguir ambos componentes.

Si bien, tanto en el caso de los residuos radiactivos como de los tóxicos de las pilas, el objetivo consiste en retener en un bloque de vidrio los residuos, la finalidad es diferente. Al residuo nuclear es necesario retenerlo hasta que pierda su reactividad -y esto lleva un período de tiempo determinado-, pero las pilas son residuos químicos que no perderán su toxicidad con el paso del tiempo. Por esta razón, el objetivo es incorporarlos a la naturaleza de forma gradual, y en consecuencia, no contaminante.

El bloque de vidrio cumple perfectamente con estos requisitos,⁴³ puesto que tiene una durabilidad suficiente -entre mil y dos mil años- como para incorporarse a la biosfera de manera gradual e inocua, evitando concentraciones localizadas de elementos tóxicos. Esto significa, eliminar su toxicidad, porque en el caso de estos elementos su calidad de tóxicos está relacionada con la concentración.

2.4.3.1 Aplicación de esta técnica en otros países:

a) Argentina: El grupo del CAB,⁴⁴ a partir de un contrato con Telecom Personal, estudia la posibilidad de aplicar una tecnología equivalente o similar, para las pilas recargables de los teléfonos celulares.

b) España: El Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC),⁴⁵ ha desarrollado técnicas que permiten obtener vidrios, fritas y fibras de vidrio a partir de residuos industriales en horno, (pilas usadas, iodios, cenizas, escorias, casco de vidrio, pantallas de TV, residuos de canteras y serrerías, etc. ...) para transformarlos por el método de desvitrificación controlada, en materiales útiles en la Construcción como pavimentos, revestimientos y/o elementos decorativos en Obras Públicas. Consta de carga automática de la mezcla a vitrificar, horno con GLP hasta 1450°C y sistema de depuración de humos para cumplir las regulaciones medioambientales de la UE.

⁴³ LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado el 13 de Enero de 2006], Available from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>.

⁴⁴ ARGENTINA NUCLEAR, Vitrificación de Pilas, [online], Edición 75, Octubre de 2000, Buenos Aires Argentina, [citado el 3 de marzo de 2005], Available from: http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/075-10-2000/075-pub_argentina-nuclear.html

⁴⁵ INDUAMBIENTAL - Planta piloto de la Unión Europea para vitrificación y devitrificación controlada de residuos industriales, [online], artículo 93, España, [citado el 30 de Noviembre de 2006], Available from: <http://www.induambiental.cl/1615/article-93679.html>

2.4.4 Cementación. La estabilización es el proceso que utiliza aditivos para reducir la naturaleza peligrosa de un residuo, transformando el residuo y sus constituyentes peligrosos en un bloque, sus objetivos son minimizar la velocidad de migración de los contaminantes al medio ambiente y reducir el nivel de toxicidad.

La estabilización se realiza, como ya se ha comentado, a través de la adición de reactivos que mejoran la manipulación y las características físicas del residuo, disminuyen la superficie específica del residuo a través de la cual puede tener lugar la transferencia o liberación de contaminantes, limitan la solubilidad de cualquier contaminante presente en el residuo y por último reduce la toxicidad de los contaminantes. El término solidificación no es sinónimo de estabilización aunque sus objetivos son los mismos que se han mencionado anteriormente, la solidificación se describe como el proceso en el que se añade una cantidad suficiente de material solidificante, incluidos sólidos, a los residuos peligrosos para obtener una masa solidificada. La solidificación del material hace aumentar su resistencia mecánica, disminuye su compresibilidad y su permeabilidad. La solidificación no implica, necesariamente, una interacción química entre el residuo y el agente solidificante. De ahí el peligro de liberación del compuesto tóxico en caso de un impacto mecánico o bien de una agresión química. Pero, al menos se halla confinado en un medio monolítico más seguro. En las *Técnicas basadas en el cemento* el residuo se mezcla con cemento Portland y/o cenizas volantes procedentes de centrales termoeléctricas. La estabilización con cemento se adapta mejor a residuos inorgánicos especialmente los que contienen metales pesados. Como resultado del elevado pH del cemento (>11), los metales son retenidos como hidróxidos o carbonatos en la estructura solidificada. Los estudios realizados muestran que el Pb, Cu, Zn, Sn y Cd probablemente se unen a la matriz por fijación química, mientras que el Hg es retenido por encapsulamiento físico. La estabilización con cemento muestra un futuro prometedor y una importante utilización en la fijación de residuos inorgánicos ya que la tecnología del cemento es bien conocida incluyendo la manipulación, la mezcla, el fraguado y el endurecimiento. Por otro lado, la eliminación excesiva de agua de los lodos no es necesaria, ya que se necesita agua para la hidratación del cemento. El principal inconveniente se debe a que algunas arcillas, sales o metales alteran el fraguado y pueden dar al traste con la inertización. En el área de Sassuolo (zona de Italia donde se concentra la gran producción de pavimentos y revestimientos), se usa el sistema comercialmente denominado Soliroc, que consiste en mezclar el lodo con cenizas volantes y cemento Portland. Por lo general la cantidad de cemento añadir, para asegurar la inmovilización de Zn y Pb, suele superar el 20%

2.4.5 Ceramización. Fijar las pilas usadas en ciertas arcillas naturales con silicatos, y enterrarlas en rellenos sanitarios de seguridad.⁴⁶

Cuando el objetivo perseguido es inertizar un residuo por causa de su toxicidad es

⁴⁶ Available from: <http://www.induambiental.cl/1615/article-93679.html>
<http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/actividades/Actividad%20ID36.doc>

preciso someterlo a una trituración fina. En este caso el residuo funde parcialmente y se integra en la matriz cerámica. Si el tamaño de grano es grande, la partícula de residuo no interacciona con la matriz cerámica y queda, simplemente, encapsulado. De esta manera, si sufre un impacto mecánico fuerte o es atacado por un agente químico potente, se rompe el velo de protección y la carga contaminante es liberada al exterior.

Establecer la frontera donde el residuo se incorpora en la cerámica o queda encapsulado depende de otros factores, además de la distribución granulométrica, como, por ejemplo la reacción de la arcilla con el propio residuo. Una frontera prudente sería un tamaño de 500 μm (0,5 mm.). Por encima de este tamaño el residuo queda encapsulado y por debajo se integra en la matriz cerámica.

El proceso cerámico se caracteriza por las siguientes etapas:

- Mezcla íntima de las materias primas. En este caso el residuo y la arcilla, o arcillas.
- Trituración del conjunto hasta una distribución granulométrica que asegure la mezcla homogénea del conjunto y el futuro desarrollo de las reacciones de índole cerámica.
- Conformación, o granulación de la mezcla para conferir el diámetro, o diámetros, precisos.
- Cocción a la temperatura deseada.

La fase de ceramización es la que requiere explicaciones de carácter ambiental. La fracción inorgánica de los fangos, en particular los metales pesados presentes, se insertaran en la fase amorfa de la matriz cerámica. Es interesante diseñar la pasta cerámica de manera que la temperatura a la que la viscosidad de la fase amorfa formada es mínima, sea inferior a la temperatura de volatilización de los metales pesados presentes, con ello se evita cualquier posibilidad de pérdida de metales. Por lo que hace referencia al resto de las fases minerales de naturaleza inorgánica presentes en los fangos: arenas, arcilla, limos, carbonatos, etc., son de naturaleza idéntica a los diversos minerales que contienen las arcillas en estado natural, por tanto no requieren ninguna precaución especial.

La etapa de cocción es la más crítica. Durante la cocción existe una etapa de descomposición del retículo del mineral de arcilla que provoca una inestabilidad del conjunto. El proceso térmico habitual en la cocción de una arcilla convencional consiste en la elevación constante y paulatina de la masa arcillosa hasta una temperatura que oscila alrededor de los 1.000 °C. En el caso de la formación del árido expandido el proceso es radicalmente diferente. La elevación de la temperatura es muy brusca. Con ello se persigue que la capa superficial de arcilla vitrifique antes que comience la ceramización de las capas internas. De esta manera la incipiente vitrificación de la "piel" externa impedirá la salida de los gases formados en el interior, obligando a un hinchamiento.

Desde el punto de vista ambiental este proceder reviste unas características dignas de mención. La fracción orgánica presente en el interior de la masa cerámica esta sometida, en primer lugar, a una etapa de pirólisis

(calentamiento/degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno). En estas circunstancias la fracción orgánica pasa, parcialmente, a la fase gaseosa (y también vapores). Una parte de los gases y vapores son retenidos en el interior de la masa, lo que ayuda a hinchar y el resto sale al exterior, donde encuentra una temperatura altísima y son destruidos (oxidados). En el interior permanece una fracción residual de carácter carbonaceo (coque) de color característico negro que también colabora a la expansión por cuanto es poroso.

En la medida que prospera el proceso, la temperatura va en aumento, una parte del aire (u oxígeno) residual presente en el interior de la masa oxida total o parcialmente la fracción residual de la materia orgánica aun remanente. Desde la óptica de la destrucción térmica el proceso es similar. Los compuestos gaseosos presentes, o formados, bien son oxidados totalmente y abandonan la cerámica en forma de CO₂ y H₂O, o bien son gasificados (oxidados parcialmente) y emitidos al exterior, donde las altas temperaturas reinantes garantizan su correcta eliminación.

Tabla 13. Compatibilidad de técnicas de solidificación con determinados residuos.

Sustancia	Cemento	Cal	Termoplástico	Polímero
Disolventes, aceites Sólidos (resinas, plásticos)	Posible evaporación retardantes Bien (incrementa resistencia)	Posible evaporación retardantes Bien (incrementa resistencia)	Posible evaporación Acción ligante	Retardo polimerización Id.
Ácidos Oxidantes Sulfatos Metales pesados Radioactivos	Neutralización de acidez (algunos límites) Compatible Posible disgregación retardantes Compatible Compatible	Compatible Compatible Compatible Compatible	Puede ser neutralizado después tratamiento Posible destrucción Craquing Compatible Compatible	Compatible Posible destrucción Compatible Posible solubilización controlar valor pH Compatible

Fuente: TECNOLOGÍAS LIMPIAS, Reciclaje de Baterías de desecho – Baterías MAC S:A, [online], Cali, Valle, Agosto 2 de 2004, [citado en Febrero de 2006], Available from <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/casos/Caso%20ID21.doc>

Cuando el destino del residuo es el vertedero se suele practicar el denominado "test estándar de lixiviación" que consiste en triturar el residuo y ponerlo en

contacto con agua ácida e ir controlando el arrastre de partículas contaminantes. Ello reproduce lo que va a suceder en el vertedero. Cada país, o cada legislación tiene estandarizado un test de lixiviación.

2.5 INCINERACION

Las pilas también se destruyen mediante incineración. La técnica de la incineración permite destruir el material y convertirlo en ceniza inerte. Los constituyentes más volátiles, como el cadmio, el mercurio y el zinc, se incorporan a los gases en forma de partículas finas. La proporción de estos contaminantes descargados al medio ambiente depende de la efectividad de operación del equipo.

El manejo de esos residuos de combustión, donde algunos de los metales pueden haberse convertido en compuestos móviles como cloruros, configura un riesgo adicional en esta tarea.

La incineración se puede llevar a cabo en plantas para quemar residuos peligrosos. Cabe destacar que esta posibilidad es posible si las plantas de incineración cuentan con las técnicas de tratamiento de emisiones necesarias para los compuestos más volátiles como el cadmio, mercurio y zinc. Otro riesgo es que algunos metales puedan convertirse en compuestos móviles como los cloruros. Aún teniendo el sistema de tratamiento adecuado, lo cual generalmente produce muy altos costos, la incineración sigue siendo problemática ya que generalmente para el tratamiento de las emisiones además de distintos tipos de lavados también son usuales filtros, teniendo en cuenta que estos se acumulan parte de los residuos peligrosos que solo lograría cambiar el problema de lugar.

2.6 FUNDICION DE METALES PESADOS.

La composición de los concentrados o materias primas es decisiva para la técnica de fundición utilizable y, por tanto, también para el tipo y cantidad de las sustancias peligrosas para el medio ambiente originadas. Así, los concentrados minerales sulfurados se funden preferiblemente por vía pirometalúrgica, mientras que con minerales oxídicos, sulfuro-oxídicos y complejos se utilizan métodos hidrometalúrgicos.⁴⁷

2.6.1 Proceso pirometalúrgico.

a) Etapas:

1. Calcinación: Desulfuración parcial o completa (calcinación total) del material de alimentación

⁴⁷ ENERGY & WETLANDS Reseach, CES, [online], India, Noviembre de 2003, [citado el 30 de Noviembre de 2006], Available from <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol241.htm>

2. Calcinación sinterizante: Quemado del azufre con entrada de aire (transformación de los sulfuros en óxidos metálicos y gas SO₂) con aglomeración simultánea del producto calcinado para la carga en hornos de cuba

3. Rotación del horno: Enriquecimiento de óxido metálico mediante volatilización controlada (Zn)

4. Fusión: Separación de ganga (escorias); obtención de sulfuros metálicos de alto valor por combustión parcial del contenido de azufre o reducción de óxidos metálicos (PbO, ZnO) bajo combustión de coque con aportación de aire

5. Soplado: Transformación de sulfuro metálico en metal en el convertidor

6. Refinación pirometalúrgica: Eliminación, en las mezclas metálicas fundidas, del oxígeno, azufre, impurezas y metales acompañantes, por precipitación intermetálica, laboreo de escorias y/o volatilización

7. Empobrecimiento de escorias: Procesamiento térmico de las escorias para obtener componentes metálicos.

b) Emisiones y Residuos:

- Gases de escape de diferente origen
- Polvo primario del material de alimentación
- Polvo de metales volátiles, p. ej., de plomo, cinc, arsénico, estaño, cadmio, mercurio, selenio, telurio y sus compuestos (condensados después de enfriamiento),
- Sustancias gaseosas como SO₂, HCl, HF, CO, CO₂;
- Agua residual de circuitos de refrigeración y de lavados de gas de escape;
- Escorias finales con contenidos metálicos residuales, sulfatos, sulfuros; potencial para dibenzo-dioxinas y dibenzo-furanos policlorados en método clorante (p. ej., procedimiento de calcinación alcalina del cobre);
- Desprendimiento del horno con contenido de arsénico, plomo, cadmio, mercurio y cianuros.

c) Medidas de protección

Requisito para unas medidas de protección eficaces es la mejor captación posible de todas las emisiones, es decir, también las gaseosas y de polvo de aparición difusa, en los lugares de formación. Para la captación de emisiones de aparición difusa se usan campanas, cubiertas o encapsulación, pero también se adoptan medidas de protección estructurales contra la emisión, p. ej., revestimiento de las cintas transportadoras, naves cerradas. Los hornos de calcinación no deben diseñarse como instalaciones al aire libre.

- **Polvo:** Despolvamiento de los gases de escape normalmente en instalaciones de filtración en seco (ciclones, electrólisis, filtros textiles). Posible grado de despolvamiento hasta 99,9 %, que depende del contenido de sólido y/o contaminante permisible. También en fundiciones de plomo se puede separar el polvo con filtros textiles. Un alto grado de separación tiene relevancia ambiental, sobre todo porque durante el proceso de fusión el gas de escape contiene sustancias tóxicas, p. ej. arsénico, antimonio y plomo, en forma de polvo fino. Para la separación de este polvo han dado buen resultado los separadores filtrantes de alta eficacia. El empleo de filtros textiles tiene especial interés para la separación

de polvo. Se pueden mantener contenidos de polvo en el gas purificado de 10 mg/m³. Los mejores valores son de 1 mg/m³, p. ej., en las fundiciones de plomo.

- **Gas SO₂**: Eliminación por lavado del gas de escape seguido de neutralización. Concentraciones de SO₂ superiores al 3,5 % en el gas de escape sirven para la fabricación de ácido sulfúrico. Bajo ciertas condiciones se puede obtener SO₂ líquido, yeso o azufre elemental como etapa previa para la aplicación industrial. Procedimientos de purificación del gas de escape por vía química húmeda para concentraciones de SO₂ más bajas. A través de las chimeneas del gas de escape sólo deben expulsarse concentraciones de SO₂ y cantidades totales limitadas.

- **Nieblas aceitosas**: Si en los gases de escape de hornos de cuba existen nieblas aceitosas por causa del material de alimentación, los gases de escape deben someterse a una recombustión térmica.

- **Escorias finales/desprendimiento del horno**: Las escorias y el desprendimiento del horno deben almacenarse en un vertedero único especialmente protegido, ya que debido a lixiviación y a los agentes atmosféricos pueden quedar libres sustancias peligrosas para el agua y tóxicas, p. ej., metales pesados. Según el contenido en metal residual y en otras sustancias, p. ej., sulfuros, sulfatos, dioxinas o furanos, puede convenir también un aprovechamiento en la construcción de carreteras o un procesamiento.

- **Agua residual**: El agua residual procedente de lavados del gas de escape y de la granulación de escorias está cargada de metales pesados. Los compuestos metálicos disueltos y sin disolver originan en las estaciones de depuración comunales concentraciones metálicas excesivas en los lodos de clarificación. Por ello queda restringido o resulta imposible un aprovechamiento agrícola.

Para disminuir la carga contaminante se recurre, p. ej., a la reducción del caudal de agua residual por recirculación, el aprovechamiento múltiple del agua residual tratada y la separación de aguas residuales necesitadas y no necesitadas de tratamiento. En la descarga del agua residual con compuestos metálicos tóxicos para el ser humano y para el sistema ecológico, han de imponerse exigencias extremadamente altas. El tratamiento del agua residual según el estado actual de la técnica se basa, p. ej., en intercambiadores de iones selectivos, microfiltraciones, ósmosis inversa, procedimientos térmicos para la concentración, etc. Las cargas específicas de producción para cadmio, mercurio, plomo, cinc, arsénico, cobre, níquel y cromo deben ser limitadas.

Las técnicas modernas, p. ej., reactor de ciclones y llama y la fusión en suspensión, consiguen una disminución considerable del gas de escape y de la emisión agrupando varias etapas de proceso. En régimen experimental se han observado en una fundición de cobre y en otra de plomo reducciones del 75 %.

2.6.2 Proceso hidrometalúrgico. El material de alimentación son minerales oxídicos, concentrados minerales sulfurados pre-tratados que se pueden disgregar hidrometalúrgicamente, o concentrados sulfurados que han sido sometidos a una lixiviación oxidante.

a) Etapas: Entre las etapas del proceso hidrometalúrgico están también las electrólisis de obtención y de refinación.

1. Lixiviación: Disgregación y disolución de los metales a obtener, p. ej., con ácido sulfúrico diluido en la fabricación del cinc. Si se trata de minerales muy pobres, como lixiviación de escombreras (impermeabilización del suelo necesaria para su protección y la del agua subterránea);

2. Enriquecimiento: Concentración de soluciones pobres por extracción líquido-líquido mediante disolventes orgánicos y al mismo tiempo purificación alcalina;

3. Purificación: Separación de sustancias acompañantes e impurezas por extracción sólido-líquido y/o precipitación (en forma de hidróxidos o sulfuros, cementación);

4. Obtención: Separación electrolítica del metal con ánodos insolubles (p. ej., Zn, Cu);

5. Refinación: Separación electrolítica del metal con ánodos solubles (p. ej., Cu, Pb).

b) Emisiones y Residuos:

- **Agua residual:** En el agua residual puede haber cantidades mayores o menores de metales pesados tóxicos para el ser humano y para las plantas.

- **Residuos de lixiviación:** Los residuos de lixiviación contienen compuestos metálicos contaminantes.

- **Gases de escape:** Niebla ácida y ácido sulfúrico aparecen en la electrólisis de obtención. Vapores que contienen metales, p. ej., en hornos con ánodo de cobre bruto. Disolventes orgánicos, p. ej., xerosina en la extracción líquido-líquido en el proceso de enriquecimiento.

- **Fango de ánodos:** En el fango aparecen metales y compuestos metálicos, p. ej., oro, plata, plomo, estaño, arsénico, antimonio.

- **Electrolito evacuado:** El electrolito contiene compuestos metálicos disueltos de hierro, níquel, cinc, arsénico, cobalto.

c) Medidas de protección:

- **Agua residual:** Mediante las medidas adecuadas, p. ej., recirculación, aprovechamiento múltiple, se reducirá el caudal del agua residual. El agua residual cuya carga contaminante contenga metales pesados ha de tratarse según el nivel actual de la técnica. Para ello hay que llevar por separado (canalización aparte) y tratar, por ejemplo, las corrientes de agua residual contaminadas con cadmio y mercurio.

Para el tratamiento de agua residual, los valores de carga específicos de la producción han de fijarse particularmente bajos, debiendo alcanzarse concentraciones residuales inferiores a 1 mg/l de Cd y a 0,1 mg/l de Hg. Como técnicas se puede acudir al intercambio iónico, ultrafiltración, electrólisis, etc.

- **Residuos de lixiviación:** Los residuos han de convertirse en compuestos aptos para almacenamiento final mediante procesos de lavado y neutralización. Los restos de disolventes deben eliminarse, siempre que sea posible.
- **Gases de escape:** Mediante adecuada circulación del aire de las naves y, si es preciso, lavado del aire de salida, se puede mantener la concentración permitida del puesto de trabajo para niebla de ácido sulfúrico. Adaptando filtros textiles a un horno con ánodo de cobre bruto, se han podido separar también en el gas purificado los compuestos metálicos gaseosos hasta 0,001 mg de cadmio/m³, 0,05 mg de plomo/m³ y 1,9 mg de arsénico/m³. En la extracción líquido-líquido con disolventes orgánicos hay que tomar precauciones contra la inflamación, explosión e incendios.
- **Fango anódico/electrolito residual:** Para la recuperación por etapas de los materiales útiles y extracción de metales acompañantes se utilizan métodos de aprovechamiento hidro o pirometalúrgicos especiales; p. ej., separación electrolítica de arsénico, antimonio o precipitados de níquel, hierro y cobalto. Con cada obtención de cinc a partir de blenda de cinc o calamina se producen forzosamente de 3 a 4 kg de cadmio por tonelada de cinc como elemento de aleación en el cinc bruto o en forma de residuos. Para la obtención de cadmio se recurre en las fundiciones de cinc primarias a métodos de absorción en seco y en húmedo. En los métodos húmedos y en la obtención electrolítica del cadmio, método generalmente preferido, no es de esperar contaminación directa con polvo de cadmio. Los gases de escape originados en la fusión del cadmio para la fabricación de formas comerciales pueden incorporarse al aire utilizado para la calcinación a fin de conseguir una purificación completa del gas de escape. Debido a la acción tóxica del cadmio hay que imponer altas exigencias a la higiene del puesto de trabajo y a la purificación del aire y agua residuales.
- **Ruido:** En las fábricas de fundición de minerales de metales pesados hay que limitar la potencia sonora de inmisión activa de las fuentes principales de ruido, de acuerdo con las posibilidades, mediante confinamiento e insonorizadores en las aberturas de entrada y salida de aire. Junto con el proyecto debe elaborarse un plan de reducción de ruido.
- **Agua potable:** Entre las medidas de protección para la seguridad en el puesto de trabajo y para la protección del suelo en el terreno de la fábrica están todas las destinadas a impedir la aparición de sustancias peligrosas para el agua. Merecen especial atención las instalaciones para el almacenamiento, trasiego y descarga, así como para la fabricación, tratamiento y uso de sustancias peligrosas para el agua. Tanques de almacenamiento con colectores estancos, seguros contra el sobrellenado, suelos impermeables sellados, control de la hermeticidad, etc. son precauciones oportunas que deben recopilarse en un manual.

2.6.3 Fundiciones secundarias. Las fundiciones secundarias elaboran sobre todo material de reciclaje (chatarra para desmenuzar, cables, baterías, etc.), chatarra mixta fuertemente impurificada, chatarra de producción con componentes de aleación difíciles de eliminar, así como escorias, desperdicios metálicos y otros

residuos con metales. Para la recuperación de los metales se utilizan preferentemente técnicas pirometalúrgicas.

La contaminación medioambiental puede proceder aquí, sobre todo, de las impurezas y contaminantes contenidos en el material de alimentación.

2.6.4 Consideraciones para tener en cuenta en la técnica de incineración y/o fundición.

- Rentabilidad: La rentabilidad de estos procesos, depende en alto grado de la provisión económica de energía eléctrica.
- Contaminación ambiental: Por causa de la construcción o ampliación necesarias de centrales eléctricas y las correspondientes medidas estructurales, sobre todo hidráulicas.
- Productos y desechos no aprovechables: Se incluyen las escorias y desprendimientos de horno, para lo cual, hay que crear un vertedero único, teniendo en cuenta la Disposición de residuos peligrosos" y las normas de relevancia ambiental.
- Salud ocupacional e Higiene Industrial: Las condiciones de los puestos de trabajo dentro de la fábrica, por lo que a concentración de contaminantes, molestia de ruido y seguridad en el trabajo se refiere. Para estas misiones, un encargado de seguridad debe contar con los especialistas idóneos y con un médico para la asistencia médico-laboral.

2.7 EXPORTACION.

Son innumerables los casos en que las pilas usadas forman parte de los desechos tóxicos que algunos países deciden exportarlos a otros que poseen menores exigencias ambientales. De esta manera disminuyen los costos y peligros del tratamiento o reciclaje de elementos peligrosos y muy tóxicos. Este comercio de desechos peligrosos está hoy regulado por la denominada "Convención de Basilea" que limita y reglamenta tales operaciones, sin llegar a prohibirlas, tal como reclaman las organizaciones ecologistas de todo el mundo.

En 1995 los países miembros del Convenio de Basilea acordaron ponerle fin legalmente a las exportaciones de residuos peligrosos desde los países más industrializados del planeta hacia el resto del mundo. Con esta decisión quedan prohibidas las exportaciones de residuos peligrosos desde los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que nuclea a los países más industrializados del planeta y a México, hacia el resto del mundo. Según el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, cada año se producen 400 millones de toneladas de desechos, el 98% de los cuales se genera en los países de la OCDE. Con esta prohibición los países se verán obligados a adoptar prácticas de producción industrial más limpias.

Sin embargo, como lo demuestran innumerables incidentes en el mundo, la exportación de tecnologías peligrosas, que las empresas transnacionales llevan a cabo por medio de inversiones extranjeras, representa un peligro potencial incluso

mayor que la exportación de desechos. No existe ningún sistema capaz de eliminar o siquiera identificar las transferencias de dichas tecnologías, a pesar de que la preocupación sobre las prácticas de las transnacionales ha aumentado ante la proliferación de inversiones extranjeras en los países del Tercer Mundo. Las autoridades responsables de formular las políticas en estos países, en sus esfuerzos por atraer inversores extranjeros, pueden ser proclives a descuidar la realización de un estudio social y ambiental de las empresas y de las actividades propuestas por éstas. Un ejemplo de esto es lo que sucede con elementos que pueden ser reciclados, como por ejemplo las baterías usadas de automóviles. Una investigación llevada a cabo por la organización ecologista internacional Greenpeace sobre programas de recolección de baterías de ácido-plomo usadas, reveló un flujo masivo de estos residuos extremadamente tóxicos desde países altamente industrializados, particularmente Australia, Japón, el Reino Unido y Estados Unidos a varios países del Tercer Mundo, particularmente Asia.

Los principales factores que causan el comercio de estos desechos tóxicos son los típicos de todo este tipo de transacciones: en los países industrializados los costos de inversión debido a las medidas que deben adoptarse para proteger al medio ambiente y la salud de los trabajadores para reciclar baterías usadas, son muy altos y los precios del plomo recuperado muy bajos. Simplemente no es un negocio redituable reciclar baterías. Los "brokers" de baterías están encontrando mercados más rentables en los países donde la mano de obra es barata y la legislación para proteger el medio ambiente y la salud de los trabajadores muy débil.

2.8 NUEVAS TECNOLOGIAS PARA DISPOSICION FINAL DE BATERIAS Y ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN

2.8.1 Mejora en rendimiento de baterías Basándose en previsiones de expansión de mercado, para la próxima década se predice un fuerte esfuerzo en estas tecnologías. Consciente de este hecho, la Comisión Europea ha aumentado significativamente la financiación en esta área, dedicando esfuerzos para la mejora de la "portabilidad" de muchos artículos electrónicos, como los ordenadores portátiles y los asistentes digitales personales, aumentando el rendimiento de sus baterías.

2.8.1.1 Batería de Vanadio La elevada eficacia, la posibilidad de permanecer en reserva en cualquier estado de carga y la opción de carga rápida por cambio del electrolito o por carga eléctrica, hacen de la batería de vanadio una alternativa interesante al acumulador de plomo para usos estacionarios y de tracción. Una gran batería de 200 kW/800 kWh se está ensayando ahora en Japón.

2.8.1.2 El supercapacitor Es otro nuevo sistema de almacenamiento de

electricidad. Basado en electrodos de carbono, las capas dobles le dan una elevada densidad de energía para una descarga rápida. Añadiendo un par red-ox, el tiempo de descarga aumentará y hará que el supercapacitor sea útil como batería elevadora de voltaje, por ejemplo, para vehículos eléctricos.

2.8.1.3 El acumulador de plomo bipolar Es un diseño de acumulador de plomo alternativo con aplicaciones potenciales en vehículos eléctricos e híbridos. Está diseñado para corrientes de alta carga y descarga durante períodos cortos (30-60 sg). El concepto se basa en una pared de separación hecha de placas cerámicas porosas delgadas, que se han hecho conductoras por electro-deposición de plomo en sus poros. Una lámina de plomo se deposita sobre el disco cerámico por electro-deposición y se transforma después en plomo y dióxido de plomo activo. La batería bipolar también funcionará bien como batería de arranque, con un peso sólo del 1/3 de una batería ordinaria.

2.8.2 Almacenamiento de electricidad. Es la tecnología de almacenamiento de energía más atractiva, pero continúa siendo un importante cuello de botella tecnológico.⁴⁸ Un descubrimiento en esta área tendría un impacto fundamental en todo el mundo. En primer lugar, disminuiría espectacularmente las considerables pérdidas de energía de las fuentes de energía clásicas (por ejemplo, electricidad fuera de horas punta) y en segundo lugar, daría un impulso a las energías renovables, en particular las fuentes intermitentes como el sol y el viento. Este efecto combinado reduciría significativamente la producción de CO₂ y la dependencia de los combustibles fósiles. Además, estimularía la producción descentralizada de energía y mejoraría las perspectivas de desarrollo progresivo en países faltos de recursos financieros para inversiones importantes en infraestructura.

Entre las tecnologías de almacenamiento de electricidad, las baterías son muy prometedoras porque su tecnología puede beneficiarse aún del desarrollo y tienen el potencial de disparar una cascada de descubrimientos tecnológicos. Por ejemplo, la capacidad real actual de los mejores acumuladores de plomo es sólo el 20% del máximo teórico. Los desarrollos en tecnologías de baterías alternativas son esperanzadores.

2.8.2.1 Batería ecológica que se alimenta de alcohol. Desde Estados Unidos se produjo la primera batería ecológica que se alimenta de alcohol.⁴⁹ De la

⁴⁸ AGUADO-MONSONET, Miguel A Nuevas tecnologías para baterías: desarrollos prometedores [online], IPTS, DG-XII, Vol 36, Sevilla, España, 2003, [citado el 16 de noviembre de 2005], Available from : <http://www.jrc.es/pages/iptsreport/vol36/spanish/ENE1S366.htm>

⁴⁹ GALEON, Pilas verdes o ecológicas, Hispavista, [online], [citado el 12 de Julio de 2006], Available from: <http://ecoabc2.galeon.com/enlaces1058551.html>

mano de los científicos de Motorola y del Laboratorio Nacional de Los Álamos, se ha desarrollado esta mini batería ecológica que estará destinada a teléfonos móviles, ordenadores y vídeo-consolas, entre otros aparatos.

La verdadera revolución de esta batería estriba en que no necesita conectarse a la electricidad, pues la genera mediante un alimentador que mezcla metanol líquido con oxígeno de la atmósfera. De esta manera, cuando la batería se agota, sólo basta con añadir alcohol para disponer otra vez de energía. Según sus creadores, esta pila de alcohol dispone de una capacidad energética diez veces superior al de las pilas convencionales recargables, y una autonomía de más de un mes. En cuanto al tamaño, presenta una medidas de 2,4 cm de largo y 2 mm de grosor.

Está previsto que los recargables de metanol se comercialicen en envases pequeños y que puedan ser adquiridos en los mismos establecimientos en los que se compran las pilas habituales. La comercialización de esta pila necesita previamente la reducción del espacio donde se instala, para que pueda ser utilizada por los equipos en uso, que tendrán que disponer de un circuito único que transforme el voltaje de bajo a alto.

2.8.3 Baterías de tritio. La Universidad de Rochester ⁵⁰ está investigando la utilización de tritio (forma radiactiva del hidrógeno) para sustituir las actuales baterías de Ion-litio. El tritio emite partículas de baja radiación pudiendo ser encapsulado dentro de aparatos tales como PDAs, por lo que se podrían tener baterías que durarán hasta doce años.» Al parecer, el fundamento de esta batería nuclear se asemeja al de los paneles solares fotovoltaicos para producir corriente continua. Esta técnica incrementaría la corriente en 160 veces más que la producida con tecnología actual.

2.8.5 Cargador de baterías no-recargables. Kevin Kelly (KK) ⁵¹ habla en su blog de un ensayo de un par de cargadores de baterías no-recargables, que servirá para las pilas desechables y comunes alcalinas.

2.8.6 baterías no contaminantes. Varias empresas japonesas han iniciado la fabricación de baterías para productos de electrónica que utilizan un nuevo sistema no contaminante. Toshiba, Canon, Hitachi y Nec, han iniciado el desarrollo de baterías para móviles y portátiles mediante un novedoso sistema que combina oxígeno con hidrógeno para producir electricidad, en contraposición al

⁵⁰ \ SHERWOOD Jonathan, New 'Nuclear Battery' Runs 10 Years, 10 Times More Powerful, [online], University of Rochester Press Releases, Estados Unidos, Mayo 12 de 2005, [citado el 13 de Octubre de 2006], Available from <http://www.rochester.edu/news/show.php?id=2154>

⁵¹ COOL TOLL, Battery XR, [online], Estados Unidos, Abril 8 de 2005, [citado el 4 de Diciembre de 2006], Available from <http://www.kk.org/cooltools/archives/000709.php>, Rayovac 3-in-1 Charger & Battery Xtender (via *Lifehacker*).

sistema convencional iòn litio. ⁵²Sus ventajas, según estos fabricantes, serían su mayor duración y reducido costo, frente a los sistemas actuales, además de la ventaja añadida de no resultar contaminantes para el medio ambiente.

2.8.7 Celdas de combustible. El equivalente para las “celdas de combustible” o proveer de energía a los dispositivos electrónicos, se le conoce como “micro celdas de combustible” (micro fuel cells), las cuales, de la misma forma convierte la energía química en energía eléctrica, pero solamente en pequeñas cantidades.⁵³ Esta tecnología opera mediante la oxidación del combustible, que puede ser hidrógeno, metanol o etanol (ambos son tipos de alcohol). La tecnología más popular para estas baterías es la conocida como celdas de combustible directo a base de metanol (DMFC), que combinan metanol y oxígeno. Estas baterías difieren de las celdas electroquímicas de las pilas convencionales (níquel cadmio, ión de litio, hidruro metálico).

Ambas tecnologías convierten la energía química en eléctrica dentro del siguiente proceso: Las pilas tradicionales emplean reacciones entre metales y electrolitos, cuya naturaleza química cambia con el tiempo, mientras que las celdas de combustible consumen su combustible dejando vacío el depósito o cartucho.

Algunas de las baterías tradicionales pueden recargarse, mediante su conexión a una fuente externa de energía; sin embargo, al igual que las que no se recargan, se desechan cuando su vida útil se termina (con el consiguiente problema del impacto al medio ambiente).

Las baterías con base en celdas se rellenan o se cambia el cartucho por otro que tenga combustible. El proceso de carga para una pila recargable tradicional puede llevar horas, mientras que el reemplazo de una batería de celdas de combustible es de unos cuantos segundos. Lo malo es que faltan aproximadamente dos años para que se puedan adquirir este tipo de baterías en el mercado, ya que aún se tienen que resolver algunos aspectos técnicos y de costo.

La empresa de investigación de mercados Research & Markets pronostica que las ventas de estas baterías crecerán desde \$510 millones de dólares en 2008, hasta \$11,000 en 2013. Se espera que estos insumos puedan proporcionar entre 5 y 15 horas de operación en comparación con los dispositivos electrónicos de la vida diaria. Entre las empresas que están incursionando y dan muestras de estar dando pasos para salir al mercado pronto, se encuentran Hitachi, Fujitsu, Toshiba, Motorola y Sony. No sólo se hace referencia a la conveniencia en el uso, comodidad y ahorros para el usuario, sino también de una forma de reducir drásticamente el impacto al medio ambiente por la potencial contaminación o reciclaje de los desechos. Todo será cuestión de adoptar la tecnología en la medida en que ésta se haga disponible por parte de los fabricantes.

⁵² SOCLIMA, Noticias de Ahorro energético [online], Madrid, España, Enero de 2006, [citado el 4 de Diciembre de 2006], Available from http://news.soliclima.com/modules.php?name=News&new_topic=5

⁵³ BUSTILLOS CASTILLO Paola, Las Pilas o Baterías agotadas no son un residuo cualquiera, [online], 2003, Available from <http://www.monografias.com/trabajos12/monpilas/monpilas.shtml>

2.8.8 Equipo eléctrico que recarga las pilas botón. Se lanzó la comercialización del cargador de Baterías – Pilas Botón de 1.55 V único en el mundo, y patentado internacionalmente. Este singular invento (de tamaño menor a una cajetilla de tabaco) es una buena noticia para los que se preocupan por la contaminación que genera el proceso tecnológico, ya que soluciona en parte la problemática de los desechos industriales. Aunque en las cajas o envolturas de las Baterías - Pilas Tipo Botón se advierte que no son recargables, el hecho es que con este cargador se recargan perfectamente y con la misma potencia de servicio, por lo que desde ahora pasan a ser recargables.⁵⁴

Figura 10. Cargador de pilas botón



Fuente: QUICK-ENERGY, Cargador de pilas botón

En los varios años que se lleva trabajando e investigando sobre este nuevo sistema de carga se ha comprobado su perfecta eficacia en baterías compuestas de óxido de plata y mercurio, tanto en las recién agotadas como incluso si están varios años retiradas y consideradas como residuos no aprovechables, admitiendo la carga y quedando prácticamente como nuevas.

Debido a la gran variedad de tipos de pilas y capacidades es aconsejable que el usuario tenga como mínimo ocho horas en carga las pilas de hasta tres mm de grosor y un mínimo de doce horas para las de más, aunque no hay ningún problema ni se perjudican si están mucho más tiempo, ya que cuando la batería-pila está llena se cierra el circuito y no le entra más energía.

El usuario quedará sorprendido de la eficacia y utilidad del cargador, pues se asegura que relojes que dejaron de funcionar por agotamiento de la batería, hace cinco o seis años, hoy siguen funcionando perfectamente con la misma Batería-Pila que se agotó, después de haberla recargado una o varias veces, dependiendo la cantidad de cargas de la calidad de la Batería-Pila. Existen dos modelos: el simple, para cargar una sola batería; y el múltiple para cargar seis baterías al mismo tiempo.

⁵⁴ QUICK-ENERGY, Cargador de pilas botón [online], Abril de 2004, Valencia, España, [citado el 20 de Diciembre de 2006], Available from <http://www.quick-energy.com/Inicio.asp?Elidioma=EN>

2.8.9 Reemplazo de electrolitos líquidos de las baterías por electrolitos sólidos menos contaminantes. Un grupo de científicos del Departamento de Física de la Universidad del Valle -Colombia,⁵⁵ trabaja en la elaboración de un nuevo material más ventajoso y útil que la solución acuosa de las baterías y pilas. Se trata de un material de electrolitos en estado sólido para reemplazar los electrolitos líquidos.

El Grupo de investigación científica denominado "Estado Sólido Iónico", liderado por el profesor Rubén Vargas, ha logrado significativos avances en este campo. Durante más de una década de experimentos el Grupo trabajó con varios materiales, determinando sus características físicas, su estructura atómica, capacidad de reaccionar químicamente y la resistencia a diferentes temperaturas. En principio el Grupo trabajó en el desarrollo de electrolitos cristalinos que se hacen de la mezcla de varias sales inorgánicas con yoduro de plata o yoduro de rubidio. Posteriormente se desarrolló un material de electrolito sólido con base en el pegante conocido como Colbón de la firma BASF, que se encuentra en cualquier tienda o supermercado.

Figura 11. Baterías de colbón

⁵⁵ BRAGONZI Damián, GÓMEZ Nicolás, Ciencia al Día, colbon para baterías de automóviles [online], Cali, Colombia, 1999, [citado el 20 de Abril de 2006], Available from <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio99/colbon.html>



Durante el proceso de elaboración de electrolitos para baterías a partir del Colbón, se utilizan equipos para identificar los materiales: **derecha**, equipo de termogravimetría para analizar la pérdida de masa; **izquierda**, calorímetro diferencial de barrido para tratamientos térmicos de los *materiales*

Fuente: AUPEC universidad del valle, BRAGONZI Damián, GÓMEZ Nicolás, Ciencia al Día, colbón para baterías de automóviles [online], Cali, Colombia, 1999, [citado el 20 de Abril de 2006], Available from <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio99/colbon.html>

El Colbón se lava con agua, se deja evaporar hasta que queda una membrana del grosor de una hoja de papel y luego de un proceso de mezclas con otras sales y ácidos queda convertido en una fina capa con capacidad para generar energía, casi tan eficiente como la solución acuosa que usan las pilas que se encuentran en el mercado. Con este nuevo material se utilizaron diferentes electrodos o conductores de energía, tales como láminas de carbono, plata y acero inoxidable. Como resultado, el nuevo material generó un voltio de energía por celda, mientras que una pila o una batería normal con electrolitos líquidos produce hasta 1,5 voltios por celda.

Aunque aún no se ha logrado llegar al nivel óptimo, el resultado ha sido considerado como un gran avance científico de nivel mundial. Por ahora, muchos científicos en sus laboratorios, especialmente en países desarrollados, buscan afanosamente encontrar un electrolito en estado sólido que genere 1,2 voltios o más por celda. De lograrlo se podrán mejorar la calidad de las pilas y las baterías para que no contaminen, prolonguen su duración y, como si fuera poco, la posibilidad de reducir su tamaño permitirá a la ciencia incluir diminutas pilas, de larga duración, en tarjetas electrónicas inteligentes que le darían un gigantesco impulso al desarrollo tecnológico en todo el planeta.

2.8.10 Batería de sodio-azufre. Las baterías hechas de sodio y azufre como electrodos, son conocidas desde que se estudió la estructura atómica de los elementos con el objetivo de encontrar pares capaces de ceder-absorber electrones, y formar así baterías. Se creó que fue Ford Motor Co, el que al investigar una posible batería para automóviles eléctricos, descubrió una forma práctica de hacer una batería de estos elementos. En la actualidad otras empresas han continuado con la investigación y ya se tienen bancos de baterías de este tipo en el comercio.

Como todas las baterías que se conocen, la de sodio-azufre (Na y S, del latín natrium y sulfurium), tiene dos electrodos, uno de sodio, (Na), y otro de azufre, (S), separados en este caso por un electrolito en cerámica, (alúmina), capaz de conducir iones.⁵⁶ El electrodo negativo es el sodio, que en presencia del electrolito se combina químicamente con el azufre para formar polisulfuros de sodio, produciendo además, una corriente de iones, que dan lugar a una corriente eléctrica. El electrodo positivo es el azufre.

La reacción que se presenta es la siguiente: $2 \text{Na} + x\text{S} = \text{Na}_2\text{S}_x$, que es reversible.

Esta reacción, tal como se presenta, serviría para descargar una batería. Pero al hacerle pasar una corriente eléctrica en sentido contrario, esta reacción es reversible, produciendo el sodio y el azufre en su estado original.

Cabe aclarar que para que se efectúe esta reacción, es necesario que los dos componentes estén líquidos, lo cual sucede, para el sodio, a partir de 98 grados Celsius (C), y para el azufre, a partir de 113 grados C. Sin embargo, debido a la estructura propia de las moléculas del azufre, que forman grandes cadenas, éste tiene que calentarse hasta una temperatura próxima a los 300 grados C. Esta elevación de temperatura tiene que hacerse con la celda totalmente cerrada, pues ambos elementos tienden a inflamarse cuando se calientan expuestos al aire.

Las baterías de Na-S como se conocen actualmente tienen una muy alta densidad de carga, pues alcanzan de 100 a 120 Wh / kg, si las comparamos con las comunes de plomo ácido, que solamente llegan a tener del orden de 35 Wh / kg.

Las aplicaciones actuales son reducidas, pues se usan principalmente como baterías de respaldo en empresas de manufactura, o bien como fuentes de energía ininterrumpible, debido a sus altos costos de operación.

⁵⁶ COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS, ELECTRICISTAS Y ELECTRÓNICOS del Estado de Guanajuato, en CONTACTO [online], Abril, 2005, [citado el 1º de Septiembre de 2006], Available from <http://www.ruelsa.com/cime/boletin/indice.html#2007>

3. GESTION DE DISPOSICION FINAL DE PILAS EN COLOMBIA

3.1. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y LEGALES EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Además de las instituciones de gobierno, las siguientes entidades formales e informales están vinculadas en el manejo de los residuos sólidos⁵⁷:

Sector Privado: Constituido por empresas o individuos que actúan como contratistas o concesionarios de las operaciones de los servicios de aseo urbano en forma total o parcial, o por firmas consultoras dedicadas a la preparación de proyectos de ingeniería, asesoría técnica y gerencial, estudios de factibilidad, y estudios de impacto ambiental. Es frecuente la formación de consorcios entre empresas nacionales y extranjeras del sector de residuos sólidos que tienen capacidad suficiente para responder a la demanda que se presente en este campo.

Organismos internacionales y bilaterales: El BID, BIRF, OPS/OMS, PNUD, PNUMA, CEPAL, GTZ, USAID y AECI, son los principales organismos involucrados en proyectos de inversión, asistencia técnica, desarrollo institucional, capacitación y evaluación del impacto ambiental relacionados a los residuos sólidos municipales y en menor grado a los residuos peligrosos.

Organismos No Gubernamentales: Comprende a las entidades nacionales y extranjeras que se dedican a proyectos sociales y ambientales relacionados a los residuos sólidos, y particularmente, a los segregadores, al reciclaje y a las microempresas.

Otros organismos formales: Constituidos por universidades e institutos de formación y capacitación de los recursos humanos del sector. Incluye a las asociaciones de ingenieros sanitarios y ambientales, las asociaciones de empresas de aseo, las asociaciones de recicladores, y otros organismos formales como son las microempresas para el manejo de residuos.

Otras organizaciones informales: Gremios, asociaciones y cooperativas de segregadores, recolectores, comercializadores del material reciclable, y recicladores, de carácter informal pero que constituyen tanto por su número como por sus implicancias sociales, elementos importantes que deben ser tomados en cuenta en cualquier plan para la gestión de los residuos sólidos municipales.

En tabla 14 se muestra la gama de entidades vinculadas al sector en Colombia.

⁵⁷ BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, Diagnóstico del Manejo de Residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. y Organización Panamericana de la Salud. Sep, 1998. Serie Ambiental N 18 [online], [citado el 4 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://cepis.org.pe>

Tabla 14. Entidades del sector de residuos sólidos en Colombia

INSTITUCIONES	COLOMBIA
Organismos Nacionales	Grupo Residuos Sólidos de la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial , Comisión de Regulación de Saneamiento Básico • Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Departamento de planeación nacional, Financiera de desarrollo territorial
Organismos de los departamentos	Organismos departamentales autónomos y Corporaciones para el desarrollo sostenible
Municipios	4 empresas municipales de aseo en ciudades de más de un millón de habitantes (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla) • Más de 500 municipios que superan los 10.000 habitantes
Sector privado	Varias empresas con contratos y concesiones • Cooperativas de reciclaje • Gremios empresariales.
Organismos internacionales	BID, BIRF, OPS, PNUMA, PNUD, GTZ
ONG	ONG involucradas en el reciclaje
Otras	Asociación Colombiana de Entidades Administradoras de Aseo Urbano, ASEAS • Asociación Nacional de Recicladores, ANR

Fuente: OPS Análisis Sectorial de residuos sólidos en Colombia. 1966, PIAS. Serie Análisis Sectorial N8.

Colombia, tiene un marco legal para el control, pero carece de la infraestructura física y los recursos humanos necesarios para aplicarlo a nivel nacional. Para los operadores municipales es importante contar con mecanismos que eviten que estos residuos lleguen a sus instalaciones.

Tabla 15. Resumen actividad en Colombia

ÁREAS	COLOMBIA
Institucional	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporaciones Autónomas Regionales Corporaciones para el desarrollo sostenible
Legislación ambiental	Código de Recursos Naturales. Leyes y Resoluciones para regular el manejo, control y sanciones en relación a los residuos sólidos

Áreas	Colombia
Cumplimiento de las regulaciones	Deficiente
Reducción de la generación	Programas con resultados muy reducidos
Recuperación y reciclaje	Organizado en gran parte con pre-cooperativas en las principales ciudades Incremento en la recuperación (1.600 t/día) Impacto positivo ambiental y social Gran avance en el reciclaje
Proyectos ejecutados o en ejecución	Plan para el Control de Residuos peligrosos (CAR ¹ /CVC/OPS/GTZ) Tecnologías modernas para la conservación de recursos naturales (CAR/OEA) Normas sobre vertimientos industriales y vigilancia y control (CAR/Universidad Nacional)

Fuente: OPS. Análisis sectoriales de residuos sólidos en Colombia, Guatemala, México, Uruguay. 1995-1996. ¹**CAR:** Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá CVC: Corporación Autónoma del Valle del Cauca.

3.1.1 Rol de las Entidades Territoriales.

Rol del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Expedir las políticas que deben aplicar las entidades territoriales y las autoridades ambientales en materia del manejo y la disposición final de residuos sólidos; prestar asistencia técnica para la formulación de los planes de gestión integral de residuos sólidos.

Rol de los departamentos: Ejercer las funciones de complementariedad, subsidiariedad y acompañamiento a los municipios en la aplicación de la política nacional y en la ejecución de proyectos; apoyar procesos para proyectos de impacto regional intra e interdepartamental; concertar con las autoridades ambientales las políticas y proyectos a ejecutar en materia de disposición final de residuos sólidos

Rol de los municipios y distritos: Aplicar la normatividad que para el caso expidan la Nación y las autoridades ambientales; formular e implementar los planes de gestión integral de residuos sólidos municipales; asignar recursos para la ejecución de proyectos destinados a la adecuada disposición de residuos sólidos; garantizar la sostenibilidad técnica, ambiental, institucional y social en el manejo de la disposición final de residuos sólidos; gestionar proyectos que optimicen las economías de escala mediante proyectos regionales; fomentar el desarrollo empresarial del sector para garantizar la eficiencia y la calidad del servicio.

3.2 PLANIFICACION E INFORMACION

3.2.1 Planificación. En La actualidad la gestión de los residuos peligrosos no se realiza de forma planificada. Su manejo está orientado más hacia el tratamiento y disposición final que a la prevención y el aprovechamiento o el uso de alternativas más limpias.

Sin embargo en Diciembre del año 2005 se presenta la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, este documento de política presenta unos objetivos y metas de largo plazo (hasta el año 2018) y un Plan de Acción Inicial (2006-2010), Los objetivos, metas y estrategias de esta política han sido construidas en un proceso participativo del gobierno central, regional y local; en conjunto con el sector privado, la academia, las ONG y la Procuraduría General de la Nación, entre otros, en el cual se buscó determinar las acciones prioritarias con el concurso de todos en el marco de desarrollo sostenible.

3.2.2 Información y monitoreo de situación. Las diversas instituciones y organismos que intervienen en el sector manejan información insuficiente en relación a sus propios requerimientos y es difícilmente compatible por la diversidad de criterios empleados en su captación. La información disponible sobre residuos peligrosos tanto a nivel público como privado en el país, está dispersa, no sistematizada y poca es de cubrimiento nacional; lo cual dificulta el establecimiento de un diagnóstico preciso que abarque todos los temas relacionados con su gestión y manejo.

Los esfuerzos realizados hasta ahora, permiten identificar la siguiente situación en términos generales:

- La gestión de los residuos peligrosos no se realiza de forma planificada.
- Su manejo está orientado más hacia el tratamiento y disposición final que a la prevención y el aprovechamiento.
- La normatividad se encuentra dispersa.
- Existe desconocimiento por parte de generadores, gestores o receptores, autoridades y comunidad en general sobre el tema, lo cual agudiza la problemática.
- No existe un sistema de manejo separado de los residuos peligrosos, excepto para algunas corrientes de residuos. Por lo general la disposición final se realiza con los residuos no peligrosos.
- Falta de compromiso por parte de los generadores de asumir su responsabilidad frente a la gestión y el manejo de los residuos.
- Existe desconocimiento por parte de los consumidores en relación con el riesgo que conlleva un manejo inadecuado de los residuos peligrosos, esto obedece a una cultura basada en la tendencia a consumir el producto más económico, sin importar su calidad ni su gestión post-consumo.

- Existen pocos incentivos económicos y financieros que promuevan la gestión integral.
- Se cuenta con una oferta limitada de empresas autorizadas que brindan servicios para el manejo de residuos peligrosos.
- El país no dispone de reglamentos técnicos especializados en la materia, que faciliten la clasificación, identificación, caracterización y manejo adecuado de los residuos peligrosos.
- Hay una limitada oferta analítica para la caracterización de residuos peligrosos. Actualmente no existen laboratorios acreditados.
- Falta de adopción de alternativas de producción más limpia, por parte de los sectores productivos, que conduzcan a la prevención y a la minimización en el origen de residuos peligrosos.
- La oferta en el transporte especializado de residuos peligrosos es limitada y en muchos casos se realiza sin los requisitos legales.
- Baja capacidad técnica y de infraestructura de las autoridades aduaneras para controlar los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos.

3.3 GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

En el país ha sido constante el desconocimiento de la magnitud del problema de los residuos peligrosos, en muchas ocasiones, los generadores ignoran que su actividad está relacionada con este tipo de residuos. Es necesaria una estrategia a través de la cual se unan los esfuerzos nacionales y regionales con el fin de mejorar el conocimiento del problema, donde se consideren las condiciones socio-económicas del país y se comunique el manejo adecuado del riesgo asociado.

Debido a lo anterior, la Política para la Gestión Integral de Residuos publicada por el Ministerio del Medio Ambiente en el año 1998, se propuso como objetivo específico dimensionar preliminarmente la problemática originada por los Residuos peligrosos a través del desarrollo de los inventarios de los corredores industriales de Cali-Yumbo y Bogotá – Soacha. En este sentido, durante los años 2001-2002 la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC- con apoyo del Ministerio del Medio Ambiente y el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente –DAMA- en Bogotá, lideraron las realizaciones de los estudios e inventarios planteadas por la política en su momento.

El primero de ellos en el Valle del Cauca, determinó una producción aproximada de 101.400 t/año de residuos peligrosos, de los cuales el 69% corresponde al sector industrial, el 26,2% al sector automotriz (baterías usadas y aceites usados), el 2.3% a residuos hospitalarios y un 2.5% a envases de agroquímicos.⁵⁸

El segundo estudio realizado para Bogotá, determinó una generación aproximada

⁵⁸ POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

de 73.000 t/año de residuos peligrosos en el 2002. Si se incluye la generación de municipios aledaños como Soacha y Cota -Cajicá con fuerte presencia de sectores industriales la cifra puede ascender a 90.000 t/año. Posteriormente, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en Convenio con FUNDES y con apoyo de la CVC y el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible –CECODES-, realizó en el año 2004 una estimación aproximada de la generación de residuos peligrosos en el ámbito nacional, mediante métodos directos e indirectos, con base en los inventarios realizados en Cali-Yumbo y Bogotá-Soacha para extrapolar las lecturas allí generadas al resto del país. En este diagnóstico se dió prioridad al sector industrial, aunque se reconoce la necesidad de ir complementando gradualmente el diagnóstico nacional con otros sectores igualmente importantes en términos de generación como el sector servicios, el agroindustrial y el minero-energético, entre otros.⁵⁹

La estimación por corredores industriales se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 16. Generación de residuos peligrosos por corredores industriales.

CORREDORES INDUSTRIALES	PRODUCCIÓN NACIONAL (T/AÑO)	% DE PARTICIPACIÓN
Barranquilla – Soledad	17.612,51	5
Bogotá-Soacha	58.168,09	15
Bucaramanga-Girón	3.062,65	1
Cali-Yumbo	59.555,04	15
Cartagena	25.944,99	7
Manizales-Villa María	5.160,23	1
Medellín-Valle de Aburrá	58.033,70	15
Pereira-Santa Rosa de Cabal-Dos Quebradas	4.384,82	1
Resto del país	157.103,03	40
Nacional	389.025,05	100

Fuente: Estudio Convenio MAVDI-CVC-CECODES-FUNDES-2004

3.3.1 Generación de pilas usadas. En el sector de consumo de productos peligrosos, se contempla fundamentalmente, aquellos productos de consumo masivo, que después de uso se convierten en residuos peligrosos. Los principales residuos peligrosos generados en el post-consumo comprenden los envases y embalajes que estuvieron en contacto con los productos peligrosos, los remanentes o sobrantes de uso y los productos que han perdido sus

⁵⁹ POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

características iniciales y por lo tanto no pueden ser usados para el fin para el cual fueron elaborados, por ejemplo, las pilas, entre otros.⁶⁰

Estos residuos peligrosos están siendo manejados conjuntamente con los residuos no peligrosos a través de la prestación del Servicio Público Domiciliario de Aseo y dispuestos en los rellenos sanitarios y en los peores casos en los botaderos a cielo abierto, los cuales no garantizan el manejo ambientalmente adecuado de los mismos.

En esta problemática se destaca la necesidad de que fabricantes e importadores de productos con propiedad peligrosa emprendan acciones orientadas adoptar una gestión adecuada a estos envases/embalajes y residuos de estos productos, de acuerdo a lo establecido en la Ley 430 de 1998.

A continuación se detallan los datos de producción de pilas en Colombia.

Tabla 17. Producción de Pilas en Colombia

Artículos con producción Superior a \$500,000 durante el año	Und de Medida		PRODUCCION		VENTAS			Cantidad en existencias a Dic/05
			Cantidad	Valor Total (\$)	Cantidad	Valor Total (\$)	% Al Exterior	
Pilas Secas	N	2001	152.276.377	52.687.626	155.307.033	53.805.796	0.0%	63.221
		2002	150967170	55.317.929	149.189.596	54.666.584	35.0%	5.555.484
		2003	183.023.943	61.978.423	184.916.637	62.619.356	52.0%	2.940.134
Pilas húmedas	N	2001	8.353.028	4.502.282	7.206.984	3.883.243	0.0%	1.293.729
		2002	8.238.840	3.465.524	8.695.926	3.661.792	0.0%	735.618
		2003	12.404.660	7.182.298	12.059.222	6.987.559	0.0%	824.993
Baterías de pilas	N	2001	2.073.758	6.967.827	2.044.468	6.868.992	61.0%	134.051
		2002	1.605.448	5.541.529	1.572.524	5.427.885	43.0%	62.623
		2003	1.777.805	6.451.869	1.836.063	6.663.294	59.0%	4.365
Baterías para automotores	N	2001	1.253.627	6.557.8613	1.249.016	65.330.307	25.7%	13.518
		2002	1.444.787	79.526.851	1.410.006	77.624.164	29.7%	47.974
		2003	1.808.377	96.638.249	1.825.333	99.685.363	43.4%	19.336

Fuente: DANE - Encuesta anual manufacturera. Valores a precio de venta en fábrica sin incluir impuestos indirectos. Año 2005

De acuerdo a los datos de importación, se conoce que en total ingresan al país:

⁶⁰ CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA, Guía para la definición y clasificación de los residuos peligrosos [online], Ponencias ID 93 CNPML Res, Pel.pdf, Medellín Colombia, Septiembre de 2006, [citado el 29 de Diciembre de 2006] Avalaible from http://www.cnpml.org/html/guias_y_documentos.asp

Tabla 18. Importación de pilas en Colombia

Tipo de pila	Cantidad importada	País de procedencia
PILAS Y BATERIAS DE PILAS ELECTRICAS DE ""BOTON	86350	Estados unidos
LAS DEMAS PILAS Y BATERIAS DE PILAS ELECTRICAS CILINDRICAS	144308	Estados Unidos y Republica Popular China
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASD DIOXIDO D MANGANESO ALCALINAS CILINDRICAS	66200	Estados Unidos y Republica Popular China Filipinas
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASD DIOXIDO D MANGANESO ALCALINAS DE ""BOTON""	185696	Estados Unidos Republica Popular China Panama
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRIASD DIOXIDO D MANGANESO ALCALINAS	185696	Belica Brasil Estados Unidos Japon
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASD DIOXIDO D MANGANESO CILINDRICAS	143568	Panama Brasil Estados Unidos Japon
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASD DIOXIDO D MANGANESO CILINDRICAS	13221648	Panama Brasil Estados Unidos Japon Ecuador Hong Kong Indonesia
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASD DIOXIDO D MANGANESO DE ""BOTON""	10000	Estados unidos
8506109900 LAS DEMAS PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASD DIOXIDO D MANGANESO	408431	Brasil Estados Unidos Japon Hong Kong Indonesia Republica popular China Suiza
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASDE OXIDO D PLATA DE ""BOTON""	641705	Estados Unidos Panama Suiza
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASDE OXIDO DE PLATA	6610	Suiza
PILAS Y BATERIAS D PILASELECTRICASDE LITIO CILINDRICAS	2450	Ecuador, Estados Unidos Mexico, Reino unido
PILAS Y BATERIAS D PILAS,ELECTRICAS,DE LITIO DE ""BOTON""	96436	Estaodos Unidos, Brasil, Panama
PILAS,ELECTRICAS, DE LITIO	50701	Estaodos Unidos, Panama, Israel, Reino Unido, Corea Venezuela

Tipo de pila	Cantidad importada	País de procedencia
PILAS Y BATERIAS D PILAS,ELECTRICAS,DE AIRE-CINC DE ""BOTON""	77720	Panama, Brasil, Estados Unidos, Japon, Venezuela, Suiza
8506609000 LAS DEMAS PILAS Y BATERIAS D PILAS,ELECTRICAS, DE AIRE-CINC	905	Estados Unidos

Fuente: Ministerio de relaciones internacionales, base de datos de importación de pilas 2005.

Con la suma de estos datos se puede calcular el consumo per cápita y la cantidad global de contaminantes. Es difícil calcular el consumo real de este tipo de baterías debido a que generalmente vienen ya incluidas en diferentes aparatos (como aspiradoras, cámaras de video, etc.) y no se ven reflejadas en las estadísticas oficiales.

Se estima que en Colombia se mezclan junto los residuos domésticos, 600.000 pilas al día de las cuales el 85% es libre de mercurio y el 15% tienen una composición superior del 0.025% de Mercurio.⁶¹

Se estima que el 80% de pilas que ingresan al país son de contrabando.⁶²

Otro sector importante consumidor de pilas es el de telefonía celular, en la siguiente tabla se especifica el crecimiento en el consumo.

⁶¹ OJEDA, Burbano Eduardo, Pilas y baterías, [online], Biblioteca virtual de serrallo sostenible, abril 2005, Bogotá, Colombia, [citado el 15 de Agosto de 2006], Avalaible from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsare/e/congreso/bat-col.ppt#263,1>, Diapositiva 1

⁶² SOLORZANO, Gustavo, Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de PILAS Y BATERÍAS [online], CEPIS, Mexico, Noviembre de 2002, [citado en Enero 20 de 2006], Avalaible from <http://www.cepis.ops-oms.org/cdromrepi86/fulltexts/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf>.

Tabla 19. Crecimiento de la telefonía celular (unidades) en Colombia entre 1995 y 2000 empresas prestadoras del servicio

Empresas prestadoras del servicio	1995	1996	1997	1998	1999	2000
COMCEL	73918	165830	430635	519871	508597	526659
CELUMOVIL	68254	159910	423099	563890	551337	547785
COCELCO	45516	79079	133362	224337	331938	337704
OCCEL	38054	58485	109835	156899	241983	257289
CELCARIBE	13652	33024	94113	107287	165067	173798
CELUMOVIL COSTA	14617	33513	73719	127860	167648	179053
TOTAL	254011	529841	1264763	1700144	1966570	2022288

Fuente: ABREO ROJAS Nicoli, KIMBERLY Jaidit Pacheco Cubillos, Diseño de una metodología para la disposición de las baterías de celular Ni-Cd y Ni-MH. Universidad Nacional de Colombia, 2000.

En el mercado Colombiano existen varias marcas de baterías de celular, provenientes de diferentes latitudes con distintas formas químicas de almacenamiento de energía. Estas son tres en particular: Níquel – Cadmio, Níquel – Hidruro de Metal y Ion-litio. En general se distinguen tres grandes firmas que traen sus productos al país): Motorola, Nokia, Ericsson, aunque también circulan baterías genéricas (sin marca), provenientes de países como Taiwán o China. Estos productos tienen dos vías de acceso al país, ya sean de manera formal o informal (contrabando), lo cual complica la contabilización.

En las tablas siguientes se registra la información correspondiente a las importaciones de baterías al país hechas por Motorola S.A. de Colombia desde 1998.

Tabla 20. Importaciones de baterías de Ni-Cd Ni (20% en Ni-Cd; 25% en NiMH) Cd 18% para el año 1998.

Importador	Proveedor	Cantidad	Valor Fob (US\$)
CELULAR SUN	B&B GROUP INTERNATIONAL TRADE	5	2
CELULAR SUPPLY LTDA	B&B GROUP INTERNATIONAL TRADE	760	23194
TOTAL CELUMOVIL	ERICSSON	9830	137620
	GP BATTERIES MARKETNG	250	2000
	NERO ASA	28	163128
	NOKIA MOBILE PHONES	1858	27233

Importador	Proveedor	Cantidad	Valor Fob (US\$)
COMPAÑÍA CELULAR COLOMBIANA	NERO ASA	1	3330
COMCEL	NOKIA MOBILE INC	31613	265784
INTERNACIONAL DE CALULARES LTDA ICEL	CELL STAR	75	4178
	INTERNATIONAL WHOLE CELL INC	450	8430
MELTEC S.A	ITC	59	1779
	MOTOROLA INC	483	9342
	W & W ASSOCIATES	2	183
MOTOROLA RADIO COMUNICACIONES	MOTOROLA INC	34	422
OCCIDENTE Y CARIBE CELULAR S.A. OCCEL S.A	NOKIA MOBILE PHONE INC	560	11304
PANAMERICAN CELULAR COLOMBIA S.A	PANAMERICAN CELULAR INC	935	16843
	USA WHOLESALE CELULAR INC	850	13075
VARTA	VARTA S.A DE CV	23481	186499
OTROS IMPORTADORES		144183	2092703
TOTAL AÑO 1998		215457	

Fuente: ABREO ROJAS Nicoli, KIMBERLY Jaidit Pacheco Cubillos, Diseño de una metodología para la disposición de las baterías de celular Ni-Cd y Ni-MH. Universidad Nacional de Colombia, 2000.

Tabla 21. Importaciones de baterías de Ni-Cd Ni (20% en Ni-Cd; 25% en NiMH) Cd 18% para el año 1998

Importador	Proveedor	Cantidad	Valor Fob (US\$)
ANDITEL CELULAR ANDICEL S.A	TESSCO	2945	5270
CACHARRERIA LA 14 S.A	G.B FABRICANTES SL	20	335
	GRUPO BRONTINSS FABRICANTES SL	20	368
	GRUPO BRONTINSS FABRICANTES SL	20	195

	GRUPO BRONTINSS FABRICANTES SL	360	2533
CELL STAR DE COLOMBIA	CELL STAR	9168	157667
	INTERNATIONAL WHOLE CELL INC	30	270
	MOTOROLA INC	500	11378
	NOKIA MOBILE PHONES INC	4780	70783
CELULAR SUN	B&B GROUP INTERNATIONAL TRADE	400	7300
CELUTRADE S.A	GB BATTERIES	1096	27201
ERICSSON DE COLOMBIA	ERICSSON INC	28	392
MELTEC S.A	CONCOR COMMUNICATIONS IC	609	14327
	MOTOROLA INC	2022	64256
	ITC	34	676
	MELTEC INC	100	5500
	MUNDOMEX COMMUNICATIONS	150	8285
MOTOROLA RADIO COMINICACIONES	MOTOROLA INC	4636	127090
PANAMERICAN CELULAR COLOMBIA S.A	PANAMERICAN CELULAR INC	1920	19700
	USA WHOLESALE CELULAR INC		
VARTA	VARTA S.A DE CV	16196	22022
OTROS IMPORTADORES		224651	250542
TOTAL AÑO 1998		269685	796090

POSICION ARANCELARIA: 8507300000

Fuente: ABREO ROJAS Nicoli, KIMBERLY Jaidit Pacheco Cubillos, Diseño de una metodología para la disposición de las baterías de celular Ni-Cd y Ni-MH. Universidad Nacional de Colombia, 2000.

Cabe mencionar que la cifra en toneladas obtenida está ligeramente subestimada, ya que es probable que una minoría de usuarios haya cambiado ya una o más veces la pila a sus teléfonos; también hay que considerar que la gran mayoría de usuarios ha cambiado de aparato antes de que la pila se descarte.

3.4 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La realidad de la prestación de servicios para el manejo de los residuos peligrosos en el país se desarrolla en el contexto de un mercado naciente, en el cual participan los generadores que demandan servicios especializados para el manejo de sus residuos y los receptores o empresas autorizadas que ofrecen sus servicios especializados de almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, disposición final y exportación. Sin embargo, tanto generadores como receptores tienen problemáticas variadas y así mismo, capacidades diferentes en conocimiento, tecnología, formalidad y cumplimiento de la normatividad ambiental.

La prestación de servicios para el manejo de residuos peligrosos se ha desarrollado en un escenario de libre oferta y demanda en el que pueden desarrollar actividades las empresas públicas y privadas, autorizadas por las autoridades ambientales competentes en la materia. En este sentido, las actividades de manejo han obedecido en la mayoría de los casos, a intereses e iniciativas particulares como una actividad económicamente libre, dentro de los límites del bien común.

3.4.1 Manejo de Pilas usadas. Se consideran las pilas usadas como residuos peligrosos, de acuerdo a la definición y clasificación que se encuentra en el Decreto 4741 de 2005, que contempla, para el caso de los componentes de las pilas o baterías, los residuos peligrosos señalados en el Anexo I, aquellos que tengan como constituyentes compuestos entre los que se encuentren el cadmio, mercurio, plomo, zinc, o mezcla de estos. Las pilas responden entonces a esa caracterización de sustancias peligrosas llamadas Ecotóxicas "porque son desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente".

3.4.1.1. Almacenamiento. El almacenamiento de residuos peligrosos por lo general no se realiza en condiciones técnicas que permitan manejar sus riesgos. Son pocas las ciudades que tienen un almacenamiento adecuado en los hogares, establecimientos comerciales, hospitales y otros puntos de gran generación. Normalmente se hace en áreas de proceso, patios del mismo generador, utilizando envases o canecas sin la debida identificación según sus características de peligrosidad y sin aplicar criterios de compatibilidad entre estos. Hasta el momento, sólo el DAMA reporta tener una instalación autorizada en Bogotá, que cuenta con licencia ambiental para el almacenamiento de cierto tipo de residuos. Otros problemas típicos de almacenamiento se presentan en los mercados, las industrias y los depósitos comunales, clandestinos o tolerados que se forman en las zonas periféricas donde no hay servicios y la gente acostumbra colocar su basura en lotes baldíos o en la vía pública para que la recoja los camiones dedicados esporádicamente a esta tarea.

3.4.1.2 Recolección. Los consumidores no separan la mayoría de las pilas y las desechan con el resto de los residuos domésticos. Las pilas contienen mercurio, cadmio y otros metales que se convierten en contaminantes tóxicos en el lixiviado de los vertederos contaminando toda forma de vida (asimilación vegetal y animal) o en las emisiones de las incineradoras. EPA ha descubierto que las pilas domésticas son la fuente del más del 50% del mercurio, 48% del cadmio, el 22% del Níquel encontrados en los Residuos Sólidos Urbanos. En varias ciudades grandes de Colombia, como Bogotá, Medellín, Cali, la cobertura de recolección de los residuos sólidos domésticos es de 90 a 100%. Sin embargo, en las de menor tamaño es del 50 al 70% ¹. En las ciudades intermedias y menores se identifican como aspectos críticos de la recolección, la baja cobertura y la escasa o ninguna atención a los asentamientos marginales urbanos.

3.4.1.3 Disposición final. En Colombia, la disposición de residuos peligrosos mediante técnicas apropiadas sólo comenzó a partir del año 1988, con rellenos de seguridad construidos por algunas empresas petroleras, para la disposición final de residuos industriales peligrosos generados en sus propias instalaciones. Otras experiencias conocidas son los confinamientos privados de algunas industrias manufactureras. Sin embargo, históricamente la disposición final de residuos peligrosos (especialmente de carácter sólido) se ha realizado conjuntamente con los residuos domésticos.

El relleno sanitario de Doña Juana en Bogotá, por ejemplo, cuenta con una celda especial para la disposición de residuos infecciosos provenientes de servicios de salud, el resto del país no ha desarrollado las celdas de seguridad, como método de disposición final de los residuos peligrosos.¹

a) Relleno sanitario: En principio se debe establecer que en el país, no existe un manejo especial para las pilas usadas. Es decir, el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos, en su gran mayoría, tienen el mismo manejo en términos de su recolección y disposición final. Solamente en Bogotá y Medellín, la basura se deposita en rellenos sanitarios y en algunas ciudades menores en rellenos semi-controlados. Las instalaciones restantes no cumplen con las normas sanitarias y ambientales mínimas y pueden ser clasificadas como basureros. Por otra parte, los denominados rellenos sanitarios en su mayoría no llenan las especificaciones técnicas para ser denominados como tales, ni siquiera para ser considerados como rellenos controlados. El problema de los segregadores sigue vigente en casi todas las ciudades, lo que impide una operación segura y sanitaria del relleno. Hay que hacer una clara diferencia entre los segregadores del relleno y los de la ciudad. Cuando hay segregadores en los rellenos no es posible lograr un relleno verdaderamente sanitario. Todo intento de mediar entre las demandas sociales que permiten el reciclaje en el relleno y las reglas esenciales de operación, hace la diferencia entre un relleno a medias y un verdadero relleno sanitario.

En la tabla 22 se presentan datos sobre los rellenos sanitarios de Bogotá y Medellín, proporcionados por entidades operadoras del servicio.

Tabla 22. Datos sobre rellenos sanitarios en algunas ciudades

Ciudad	Calidad del relleno (método)	Proporción rellenada de lo recolectado	Ton/día relleno	Número de rellenos	Ventilan biogás	Aprovechan biogás	Costo relleno \$/T
Bogotá, Colombia	Bueno (Área)	100%	4.200	1	Si	No	2.70
Medellín, Colombia	Bueno	100%	750	1	Si	No	-

Fuente: OPS. El manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. 1995. Serie Ambiental N° 15. OPS. Sistema de Monitoreo de Residuos Urbanos, SIMRU. 1996. Nota: op = costos de operación sin amortización. Tot = costos de operación con amortización.

En América Latina, los costos de operación de un relleno sanitario varían de 3 a 10 dólares por tonelada, según el tamaño, calidad de la operación, topografía y condiciones hidrogeológicas del sitio seleccionado. En los Estados Unidos el costo promedio es de 30 dólares por tonelada debido a la estricta legislación existente. Uno de los problemas mayores es operar rellenos sanitarios en ciudades pequeñas de menos de 50.000 habitantes porque los costos de capital y operación de un tractor para tan poca basura hacen que la economía de escala actúe desfavorablemente. Aquí cabe mencionar el programa de rellenos sanitarios manuales de Colombia, lo que puede ser una solución a este tipo de problemas.

b) Aprovechamiento y valorización. Actualmente la práctica de aprovechamiento y valorización de residuos peligrosos en Colombia es incipiente. Las pilas domésticas se arrojan en terrenos baldíos, en la calle o en la bolsa de residuos, su mal manejo como desecho comienza por la mezcla de las mismas con el resto de materiales, pues esto provoca la contaminación de unos productos con otros, impidiendo su aprovechamiento para la reutilización, reciclaje y composteo.

Entre las corrientes de residuos peligrosos que se aprovechan en el país, se encuentran las baterías ácido plomo usadas las cuales se reciclan para la fabricación de nuevas baterías. En Bogotá se presenta el mayor índice de utilización de prácticas ambientales para reducir la cantidad de residuos, estimándose que en la actualidad un 24.32% de los residuos peligrosos generados en el parque industrial de Bogotá, son re-usados en las instalaciones del generador.¹

Otra alternativa más reciente que se viene implementando a partir del año 2000 en el campo de la valorización de residuos, la constituye la comercialización de residuos a través de la bolsa de residuos industriales. La Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales -BORSI- es una iniciativa coordinada por el Centro Nacional de Producción Más Limpia con sede en Medellín; a través de la cual se pretende incorporar diferentes tipos de residuos a los ciclos productivos mediante estrategias de mercadeo electrónico. Igualmente, existen otras bolsas en los nodos regionales en las cuales en forma gratuita se pueden ofrecer los residuos que se obtienen en los procesos productivos para ser vendidos o intercambiados entre industrias.

Si bien, las prácticas de aprovechamiento y valorización presentan beneficios para la gestión integral de los residuos peligrosos, infortunadamente estas actividades cuentan con un alto grado de informalidad y se realizan en muchos casos como medio de subsistencia.

En Colombia, los grupos de segregadores se han transformado, con el apoyo de ONG, en cooperativas o en asociaciones formales privadas que están logrando una gestión operativa exitosa. Por ejemplo en Cali la Precooperativa Socios Unidos se encarga de clasificar y comercializar el material seleccionado previamente en la fuente. La separación en la fuente es solo parcial, pues pese a los esfuerzos publicitarios se incluye también material no reciclable. De 7 t acopiadas en un día, 3 t no son reciclables. Este programa recicla entre 40 y 60 t por mes. Otros grupos de segregadores en Cali reciclan 250 t semanales. En total se estima que se recupera aproximadamente 50 t por día, lo que sólo significa menos de 4% de la basura generada diariamente en la ciudad.

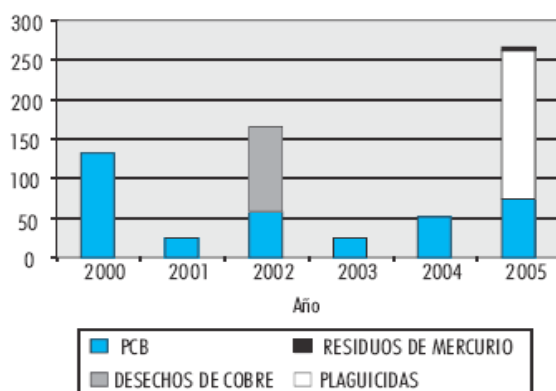
En muchas ciudades se han constituido precooperativas de segregadores, las que son apoyadas por organizaciones cívicas no gubernamentales y también entidades gubernamentales para la recuperación ordenada e higiénica de residuos sólidos, instalación de centros de acopio de esos materiales recuperados y comercialización equitativa con la industria recicladora. Así, las precooperativas de

Barranquilla están construyendo siete centros de acopio; en Manizales la principal precooperativa ha construido una planta para recuperar 20 t/día, 10% del total generado en la ciudad a un costo de 1,2 millones de dólares; las dos principales precooperativas de Popayán tienen centros de acopio propios .y otra nueva cooperativa tiene un proyecto de lombricultura para ser desarrollado con la materia orgánica del relleno sanitario.

En Medellín, "Recuperar" tenía 900 asociados en 1995 y la Asociación de Recicladores, ANR, de Colombia tiene casi 80 grupos afiliados, con una membresía de 10% de los segregadores del país, que se encargan de clasificar y comercializar el material seleccionado previamente de baterías Varta.⁶³

3.4.1.4 Exportación. Se hace referencia a la posibilidad de exportar residuos peligrosos para su eliminación en países que cuenten con la infraestructura adecuada para tal fin, a través de la aplicación del Convenio de Basilea. El país ha exportado 666 Ton de residuos peligrosos hacia países europeos, en los últimos cinco años. La corriente de residuos peligrosos de mayor exportación corresponde a PCB's; sin embargo, en el año 2005, se inició la exportación de plaguicidas obsoletos y residuos de lámparas de mercurio. Las exportaciones autorizadas de residuos peligrosos se presentan en la figura 12. Actualmente, existen en el país cuatro empresas que prestan el servicio de movimiento transfronterizo de desechos peligrosos desde el sitio de generación en Colombia hasta la planta de eliminación en el país de destino, las cuales cuentan con respaldo de grupos internacionales, entre estas se encuentra: Tredi y Veolia

Figura 12. Exportaciones autorizadas en Colombia de residuos peligrosos 2000-2005



Fuente: POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

⁶³ <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf>

3.5 ASPECTOS ECONOMICO-FINANCIEROS

No pudiendo cuantificar los beneficios de la salud, la preservación del medio ambiente, el mejoramiento de la calidad de vida, ni la disminución de la pobreza, las evaluaciones sobre beneficios económicos se reducen a valorizar el material recuperado y reciclado, al aumento o disminución del valor de los terrenos recuperados por rellenos sanitarios, y otros beneficios secundarios. Por la ausencia de información estadística, el país en general no tiene análisis económico sobre residuos sólidos municipales y mucho menos sobre residuos peligrosos.

Existe un universo de residuos con valor comercial, como el cartón, el vidrio y algunos metales, principalmente. Sin embargo, para el caso de las pilas, lámparas de mercurio, envases vacíos de plaguicidas, disolventes, su valor es negativo, es decir, habría que pagar para que fueran dispuestos de manera segura o reciclados, y para el caso de las baterías alcalinas y C-Zn, los costos de reciclado pueden ser mayores que los de los materiales obtenidos. Como se puede observar, el dedicarse a reciclar este tipo de residuos requiere de una inversión a largo plazo. Por ejemplo, para reciclar baterías de Ni-Cd de manera ambientalmente segura se necesitaría invertir en un horno de arco cuyo costo rebasa los 15 millones de dólares, cifra que por su magnitud requiere un mercado y una normatividad adecuados a fin de hacerla económicamente viable.⁶⁴

En el país, el manejo de los residuos sólidos urbanos no es tratado como un sector específico y por lo tanto no existe un sistema financiero de apoyo del sector, visto como un conjunto de políticas, normas, organismos, acciones, recursos y objetivos debidamente dispuestos. Los mayores recursos financieros provienen de los propios municipios, organismos responsables del manejo de los residuos sólidos urbanos, y los escasos recursos financieros nacionales.

3.5.1 Recursos financieros a nivel nacional El manejo de los servicios de aseo urbano ha estado incorporado a la administración municipal. Sin embargo, el gobierno no ha brindado un tratamiento específico a las pilas usadas. Lo anterior es fácilmente comprensible cuando se observan los exiguos o inexistentes presupuestos para tales actividades; la ausencia de políticas económico-financieras; la falta de conceptos tarifarios, y consecuentemente, la falta de control.

Los recursos municipales destinados a los servicios de aseo urbano corresponden a las transferencias provenientes de los ingresos corrientes nacionales, a los ingresos tributarios municipales (impuestos industriales, comerciales, prediales), y a otros ingresos como tasas y tarifas por servicios públicos. Los recursos

⁶⁴ POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

nacionales y municipales están destinados a financiar inversiones, al pago de gastos corrientes y al pago de contratistas del sector privado por prestación de servicios de aseo urbano. En general son limitados y sólo cubren los costos operativos, por lo que queda muy poco para las inversiones en instalaciones y equipo.

Ocasionalmente el gobierno otorga contrapartidas para proyectos con financiamiento externo o conceden el aval a préstamos obtenidos directamente por los municipios. A su vez, los municipios recurren al financiamiento de proveedores de equipo, normalmente de plazos cortos e intereses bancarios del mercado, muy distintos al del sector de agua potable y alcantarillado o a donaciones de gobiernos extranjeros y de organismos no gubernamentales. También reciben asistencia técnica de organismos internacionales, bilaterales y ONG.

3.5.2 Recursos financieros del exterior

a) Organismos internacionales y bilaterales. Los organismos internacionales de crédito que han venido otorgando apoyo financiero a proyectos de saneamiento básico, ambiente y desarrollo urbano, dentro de los cuales se incluye el manejo de los residuos, son el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, BIRF, y el Banco Interamericano de Desarrollo, BID. Hasta el presente los créditos bancarios otorgados al sector todavía son limitados.

Desde hace varias décadas, todos los países de la Región cuentan con la asistencia técnica de la OPS/OMS en la administración de residuos sólidos. En forma ocasional, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, y la Organización de Estados Americanos, OEA, también prestan asistencia técnica a los países.

La dificultad de gran número de ciudades intermedias y pequeñas para recurrir a créditos internacionales ha sido identificada como un aspecto crítico. Igualmente, sin un sector de residuos sólidos formalmente constituido y sin un organismo nacional líder, es difícil canalizar donaciones y asistencia técnica de agencias bilaterales e internacionales hacia las ciudades intermedias y menores.

b) Cooperación financiera y préstamos del BID. Con el acuerdo del Octavo Aumento de Recursos, el Banco renovó su compromiso de prestar especial atención a las necesidades de los grupos de bajos ingresos, promover una reducción sustancial de la pobreza y lograr una mayor equidad social. EL BID tiene propuesto préstamos, donaciones y otras formas de cooperación financiera para el área de residuos sólidos como componente de proyectos de desarrollo urbano, saneamiento básico o ambiente.

3.5.3 Inversiones en el sector Hasta el presente, el monto de las inversiones en el sector de residuos sólidos por parte de las administraciones públicas nacionales, regionales y municipales no ha sido significativo porque la prioridad

del servicio de aseo urbano no se reconoce debidamente. Generalmente es un componente menor de los proyectos de saneamiento básico.

3.5.4. Tasas y tarifas Colombia es el país que tiene más experiencia en un régimen tarifario para el servicio de aseo urbano. Desde 1968 hasta su desaparición en 1992, la Junta Nacional de Tarifas reglamentaba la fijación de tarifas. A partir de la nueva Ley de Servicios Públicos de 1994 se asignó a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (que incluye aseo urbano) la reglamentación de las tarifas y quedó el control y vigilancia a cargo de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. El régimen tarifario está orientado por los criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad y redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia. La estructura tarifaria en Colombia se caracteriza por ser uniforme en todo el país; los servicios se clasifican en residencial (actividad individual privada o familiar) y no residencial (otro tipo de actividades); los usuarios no residenciales se clasifican en pequeños y grandes generadores de basura, siendo pequeños generadores los que producen hasta un metro cúbico al mes y pagan un cargo mensual fijo; la tarifa residencial equivale a un cargo mensual de acuerdo con el estrato socio-económico de la vivienda. Los usuarios de altos ingresos y la propia municipalidad otorgan subsidios de solidaridad, claramente especificados en las facturas, a los de menores ingresos. Este régimen tarifario está empezando a implementarse en Colombia, pero con dificultad debido a presiones políticas y sociales. Otra forma de cobranza es la facturación conjunta con otros servicios públicos, como agua potable o electricidad; se fija el monto como un porcentaje del servicio primario, lo que implica una diferencia social de la tarifa (se supone que el agua potable o la electricidad ya la han tomado en cuenta).

3.5.6 Financiación del sector privado Las inversiones de las empresas privadas que actúan en el manejo de residuos sólidos municipales y residuos peligrosos son financiadas por entidades del propio sector privado, lo que supone por una parte trámites ágiles, pero por otra parte recursos financieros más caros que al final inciden sobre los costos del servicio prestado.

En las plantas de tratamiento y rellenos sanitarios operados por el sector privado se practica la cobranza directa a los usuarios, aunque debe reconocerse que el principal usuario es el municipio. También se practica la cobranza directa a los grandes generadores de residuos sólidos municipales y residuos industriales cuando los precios son acordados entre las partes.

Un aspecto crítico es que el sector privado contratista o concesionario de servicios de Residuos Sólidos y de Residuos Peligrosos no acude a los créditos de organismos internacionales que podrían reducir los costos de capital y consecuentemente los cargos a los usuarios, a pesar de las facilidades dadas por los bancos internacionales.

3.5.7 Costo de utilización de las pilas. Los residuos, en términos económicos, se pueden clasificar en dos categorías:

a) los que su reciclado es costeable (residuos rentables como el aluminio, el cartón, etc.) y **b)** los que hay que pagar para que sean dispuestos o reciclados de forma segura.

Las pilas, especialmente las desechables, se ubican en el segundo apartado, y de acuerdo con lo mencionado referente a las empresas prestadoras de servicios⁶⁵, el costo por un contenedor de 300 Kilogramos de cualquier tipo de pilas para transportarlas entre ciudades en un recorrido aproximado de 80 km, es aproximadamente \$500.000 es decir 229 dólares, con una T.R.M (\$2.180).

Para tener una idea clara (Tabla 23) de lo que serían los costos se puede considerar, por ejemplo, que enviar a reciclar una batería de Ni-Cd a EE.UU: de aproximadamente 100 gramos, costaría 15 centavos de dólar (aprox. \$327); confinarla en México costaría aprox. 2.5 centavos de dólar., sin contar los gastos de transporte hasta estos países.

Si se proyecta teóricamente un escenario donde se estableciera un programa de recolección exitoso y se acopiaran aproximadamente 10 millones de pilas del tipo AA, su confinamiento en México costaría aproximadamente U\$ 6000 dolares, o sea \$13.080.000, sin contar los gastos de transporte hasta estos países.

Tabla 23. Costo por confinamiento de pilas primarias en México.

Tipo de pilas	Peso en Kg	Costo por confinamiento de pilas (tambor de 250 Kg) dolares US\$
AA	0.025	60
AAA	0.01	60
C (medianas)	0.065	60
D (grande)	0.095	60
9V	0.04	60

Fuente: CASTRO DÍAZ José y DÍAZ ARIAS María Luz, La contaminación por pilas y baterías en México, [online], México, 29 de Agosto de 2005, [consultada el 15 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.ine.gob.mx/english/index.html>

⁶⁵CASTRO DÍAZ José y DÍAZ ARIAS María Luz, La contaminación por pilas y baterías en México, [online], México, 29 de Agosto de 2005,[consultada el 15 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.ine.gob.mx/english/index.html>

Tabla 24. Costos por reciclado de baterías recargables en EUA

Tipo de batería	Costo de reciclado (dólares/Kg)*
Níquel-Cadmio (seca) (Reciclada en EUA-INMETCO)	1.2
Ion-Litio (si contiene cobalto) (Reciclada en EUA-INMETCO)	1
Ion-Litio (si no contiene cobalto) ** (Reciclada en EUA-INMETCO)	8.7
Plomo húmeda y seca (Reciclada en EUA-INMETCO)	1.52
Baterías que pueden tener un valor como residuo	Precio en el mercado dólares/Kg
Níquel-Metal Hidruro (a partir de 1 tonelada)	0.05

*Incluye 15% por gastos de transporte sin considerar utilidades del prestador del servicio nacional

** Tiene cierto valor siempre que se maneje en grandes volúmenes

Fuente:
CASTRO
DÍAZ José y
DÍAZ ARIAS

María Luz, La contaminación por pilas y baterías en México, [online], México, 29 de Agosto de 2005, [consultada el 15 de Mayo de 2006], Available from <http://www.ine.gob.mx/english/index.html>

Hacer funcionar un mismo aparato enchufándolo a la red en lugar de hacerlo con pilas puede resultar de 100 a 100.000 veces más rentable.

Tabla 25. Costos anuales y duración de las pilas más usadas.

	Costo anual (euros)	*Costo anual (pesos \$)	Duración de vida
Pila alcalina	63,87	186.628	8 días
Acumulador NiMH	3,70	10.881	4 años

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>
T.R.M = 2922

Además, desde un punto de vista **ecológico** no hay duda: en el caso anterior se utilizarían 91 pilas por año o 0,4 acumuladores al año 228 veces menos desechos.

Y no sólo eso, los acumuladores NiMH no contienen metales pesados, por lo que son menos contaminantes.

Tabla 26. Costo de 2 Baterías AA usadas 5 horas por semana durante 1 año

	COSTO DE BATERÍAS	TIEMPO DE VIDA	COSTO ANUAL DOLARES US\$	PILAS EN LA BASURA
Alcalina		14 horas	38	30 baterías
Zn-C		4.5 horas	75	116 baterías
Recargables		Mas de 900 horas	6.8	Menos de 1 batería
Cargadores				

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

En cuanto a los costos de tratamiento y disposición final, y sólo para efectos comparativos, en la tabla 27 se presentan algunas cifras.

Tabla 27. Costos de métodos alternos de tratamiento

Método	Costo de inversión US\$ por tonelada instalada	Costo operación US\$ por tonelada (con amortización)
Relleno sanitario, EUA	S/D	30 (variable de 15 a 60)
Relleno sanitario, ALC(**)	5.000 - 15.000	6 (variable de 3 a 10)
Compostaje	20.000 - 40.000	25 (variable de 20 a 40)
Incineración, EUA(*)	125.000 - 160.000	60 (variable de 50 a 90)

(*) (**) El costo de operación por tonelada es el costo neto después de vender la energía. El costo bruto sería de US\$ 90 por tonelada. Las especificaciones técnicas de rellenos sanitarios en EUA son más estrictas que en ALC, lo cual influye en los costos.

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

El costo de disponer una tonelada en rellenos sanitario en Colombia es de \$436.

3.6 MARCO LEGAL Y CONVENIOS INTERNACIONALES

3.6.1 Legislación ambiental relacionada con residuos peligrosos producidos por pilas usadas. Los fundamentos para la formulación de la Política para la Gestión Integral de los Residuos peligrosos (RESPEL) en el país están contenidos principalmente en la Constitución Nacional de 1991, el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, la Ley 99 de 1993, la Ley 253 de 1996 que ratifica el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, la Ley 430 del 16 de enero de 1998, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones, la Ley 994 de 2005 por la cual se prueba el Convenio de Estocolmo, el Capítulo 20 de la Agenda 21 de la Conferencia de Río de 1992 de las Naciones Unidas y la declaración de la Cumbre de Johannesburgo; y la Política de Producción Más Limpia, entre otras.

Las normas colombianas relacionadas con los residuos de las pilas usadas, se referencia con las que reglamentan la disposición final de los residuos sólidos peligrosos (Ver Anexo 1).

En el caso de los desechos peligrosos, entre los cuales se incluyen las pilas, el gobierno nacional firmó la **Ley 253 del 9 de enero de 1996** además del **Convenio de Basilea** en el cual Colombia se compromete, tal como la mayoría de los países del mundo, a cumplir con las normas establecidas para movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

El **30 de diciembre de 2005** se creo en Colombia el **Decreto 4741** que entra en vigencia el 30 Junio de 2006 por el cual tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

A continuación se analizará si las pilas se definen como residuo peligroso, se definirá también quién es el responsable del manejo de las mismas y se tratará por último la influencia que tendrá dicho decreto con el futuro manejo de las pilas.

3.6.1.1. Definición de residuos o desecho peligrosos El decreto **4741 de 2005** define como Residuo o desecho peligroso aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

En el **4741 de 2005** se define específicamente como residuo peligroso a los señalados en el anexo I, es decir que contengan zinc, cadmio, mercurio, plomo entre otros, en clasificación del anexo II residuos o desechos peligrosos por corrientes de residuos se contempla la A1180 Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A (anexo 1 mencionado), o contaminados con constituyentes del anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del anexo III, corrosividad, reactividad, capacidad de explosión, inflamable, reactivo, infeccioso, toxico (prueba lixiviado TCLP).

En la **Ley 253 de 1996** se clasifica como desecho peligrosos que hay que controlar los que tengan como constituyentes: zinc, cadmio, mercurio y plomo, constituyentes comunes de las pilas. Es ejecutable mediante el artículo 81 de la Constitución, que prohíbe la importación y posesión de desechos peligrosos. La prohibición incluye así armas químicas, biológicas y nucleares, o residuos de los mismos.

En la **Resolución 2309 de 1986** sobre Manejo de residuos especiales, se consideran a estos objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan, desechan, descartan o rechazan y que sean patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos o volatilizables y los empaques y envases que los hayan contenido, como también los lodos, cenizas y similares. En el artículo 12 se especifica que son Residuos incompatibles aquellos que, cuando se mezclan o entran en contacto, pueden reaccionar produciendo efectos dañinos que atentan contra la salud humana, contra el medio ambiente o contra ambos. Algunos componentes entran en esta clasificación en el grupo 2ª: Berilio, Calcio, Litio, Magnesio, Polvo de cinc.

Adicionalmente en la **Resolución 189 de 1994** se impide la introducción al país de residuos peligrosos, en el Artículo 1 incluye la Lista N° 1 que define los Criterios de Clasificación de los Residuos Tóxicos a aquellos que contengan como constituyentes compuestos entre los que se encuentran el Cadmio, Mercurio,

Níquel, Zinc, o mezcla de estos. Las pilas responden entonces a esa caracterización de sustancias peligrosas llamadas ecotóxicas "porque son desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente".

Según la "Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales" realizada por el Ministerio de Salud, algunos metales pesados (se llama así a los más pesados de la Tabla Periódica) son peligrosos para los seres vivos. En concentraciones altas tienen efectos tóxicos y algunos aún en concentraciones bajas constituyen un grave peligro.

Por lo tanto ampliando el término de pilas de uso doméstico se puede afirmar que las pilas y baterías que contengan plomo, cadmio o mercurio se consideran como residuos peligrosos. A su vez en la lista I del **decreto 4741 de 2005** se consideran como peligrosos los residuos que tengan como constituyentes entre otros zinc, ácidos y bases, también compuestos muy usuales en las pilas. Por lo tanto si las pilas contienen contaminantes del anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) y que poseen alguna característica del anexo III, son consideradas residuos peligrosos.

Tal vez parezca contradictorio, el clasificar un tipo de pilas como no peligroso (si el generador demuestra lo contrario) y luego con el uso de otra lista nuevamente tratarlas como residuos peligrosos. Esto se debe al intento de incentivar a la población a usar tipos de pilas que, así no dejen de ser residuos peligrosos, tengan un potencial contaminante menor al de las pilas que contengan los tres metales pesados ya mencionados

Además dada la dificultad de separar los tipos de pilas, las pilas usadas son una mezcla de residuos y por ende deben considerarse todas como peligrosas.

3.6.1.2. Problemática para realizar las pruebas de laboratorio que establezcan si el residuo es peligroso o no. Las pruebas que se realizan actualmente en el país para el análisis de los residuos peligrosos, se apoyan en los métodos EPA. La implementación de dichos métodos ha sido lenta debido a la poca demanda por parte del mercado, ya que, a pesar de existir la obligación legal en cabeza del generador de realizar la caracterización, ésta en la práctica no se efectúa. Se requiere de la elaboración de los protocolos normalizados y validados para la ejecución de las pruebas de laboratorio requeridas, para caracterizar el residuo peligroso y simultáneamente divulgar y capacitar a los generadores y entes de control en el empleo directo de las listas de clasificación de residuos peligrosos en la fuente. Existe por parte de los técnicos, un alto grado de desconocimiento de los métodos disponibles para caracterizar los residuos y no hay validación de las mismas para lograr la homogeneidad en los resultados.

Existe un alto desconocimiento de los diferentes tipos de Residuos peligrosos y de la clasificación de los mismos. Todo apunta a residuos sólidos y no hay grandes avances todavía en la caracterización de residuos líquidos y gaseosos. Se tiene capacidad instalada en el país en Cali, la CVC realiza análisis de toxicidad, inflamabilidad y reactividad; la Universidad del Valle realiza pruebas de inflamabilidad y reactividad. De 78 laboratorios ubicados en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga, 6 hacen análisis de lodos en cuanto a metales pesados y parámetros microbiológicos, 13 hacen la prueba de TCLP, 14 hacen pruebas de reactividad y 10 realizan la prueba de inflamabilidad. A la fecha no hay laboratorios acreditados por la entidad competente para la caracterización de los Residuos peligrosos.⁶⁶

3.6.1.3. Manejo de las pilas Considerando las pilas usadas como residuos peligrosos deben cumplirse en su almacenamiento, transporte y eliminación las normas impuestas por el **Decreto 4741 de 2005** así como también ajustarse al sistema de declaración y seguimiento. Esto hace que se dificulte el manejo de dichos residuos ya que para toda acción a llevar a cabo, ya sea transporte, almacenamiento y eliminación se necesita la autorización de la autoridad Sanitaria correspondiente. Tampoco aquí hay claridad en cuanto a sí los municipios como responsables del servicio de aseo también necesitan de dicha autorización.

Con respecto a las instalaciones que manejen residuos peligrosos deben cumplir los requerimientos técnicos del **RAS 2000** que especifican que deben estar lejos de fallas sísmicas, zonas inundables, humedales, en zonas estables. . Los tipos específicos de estas instalaciones pueden incluir, entre otros:

1. Áreas de almacenamiento de contenedores.
 - a) Tanques de almacenamiento
 - b) Sistemas de tratamiento fisicoquímico o biológico
 - c) Incineradores
 - d) Hornos y calderas industriales debidamente autorizadas para procesar residuos peligrosos
 - e) Piscinas o embalses superficiales
 - f) Rellenos de seguridad
 - g) Pilas de residuos peligrosos
 - h) Unidades misceláneas

⁶⁶ POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

3.6.1.4. Transporte En cuanto al transporte, se siguen los lineamientos del Decreto 1609 de 2002 el cual establece que para realizar esta acción se deben embalar y etiquetar los productos considerados como peligrosos, la carga en el vehículo deberá estar debidamente acomodada, estibada, apilada, sujeta y cubierta de tal forma que no presente peligro para la vida de las personas y el medio ambiente siguiendo la norma técnica NTC 3972, los vehículos que realicen dicho transporte deben contar con elementos básicos para atención de emergencias tales como: extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza, material absorbente, teléfono celular, radioteléfono, radio, y los demás equipos y dotaciones especiales de acuerdo con lo estipulado en la Tarjeta de Emergencia, el vehículo y la unidad de transporte se deben mantener en óptimas condiciones de operación tanto físicas, mecánicas y eléctricas. Además antes de iniciar cada recorrido con mercancías peligrosas se debe elaborar una lista de chequeo para que el conductor la diligencie; esta lista deberá contener tres elementos (físicos, mecánicos y eléctricos) con sus partes componentes, no se debe despachar el vehículo llevando simultáneamente mercancías peligrosas, con personas, animales, medicamentos o alimentos destinados al consumo humano o animal, o embalajes destinados para alguna de estas labores. La empresa transportadora debe contar con la Tarjeta de Registro Nacional para Transporte de Mercancías Peligrosas y diseñar un plan de contingencias en caso de accidente en el transporte y en las actividades de cargue y descargue, tener un plan de transporte. Las disposiciones anteriores deben ser vigiladas por los actores de las cadenas de transporte, puesto que los incumplimientos acarrear multas para cada parte.

3.6.1.5. Almacenamiento El **almacenamiento** de residuos peligrosos se trata en la **Resolución 2309 de 1986** esta actividad comprende en colocarlos en un sitio y por un período determinado, al término del cual pueden ser tratados o dispuestos en forma definitiva. Para ejecutar esta actividad se debe contar con la autorización sanitaria dada a través de un registro, al igual que la capacidad otorgada. Los residuos, según sus características físicas o químicas, de cantidad, volumen o peso, deberán presentarse para recolección en recipientes retornables o desechables que no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos o gases, por sus paredes o por el fondo cuando estén tapados, cerrados o con nudo fijo, el material de los recipientes no deben ser reactivo con los residuos, estos deben ser resistentes, identificados con color distintivo y sello de acuerdo con las normas del Consejo Nacional de Seguridad. Los recipientes retornables deberán ser lavados, desactivados y desinfectados antes de su nuevo uso y mantenidos o repuestos según su uso. Dentro de la edificación se debe tener una ruta establecida en la que el recorrido entre el sitio de origen de los residuos y el área de almacenamiento y entre ésta y el sitio de entrega para recolección, sea el más corto posible. La locación se debe mantener limpia, tener iluminación y ventilación naturales, suministro de agua y energía eléctrica, tener los pisos, paredes, muros y cielo rasos, de material lavable y de fácil limpieza,

incombustible, sólidos y resistentes a factores ambientales, tener pisos con pendiente, sistema de drenaje y rejilla, que permitan fácil lavado y limpieza, tener protección contra factores ambientales, insectos y roedores, en especial contra aguas lluvias y estar provistos de elementos de seguridad. Las edificaciones deben estar señalizadas con indicaciones para casos de emergencia y prohibición expresa de entrada a personas ajenas a la actividad de almacenamiento.

De acuerdo al **Decreto 4741** el almacenamiento de residuos o desechos peligrosos en instalaciones del generador no podrá superar un tiempo de doce (12) meses.

3.6.1.6. Tratamiento Para el funcionamiento de toda planta de **tratamiento** de residuos especiales, se requiere obtener Autorización Sanitaria, de acuerdo a la **Resolución 2309 de 1986**. La autoridad sanitaria puede solicitar certificado de uso del suelo, criterios de selección del sitio para localización de la planta de tratamiento, descripción de los procesos de tratamiento y diagrama de flujo, Detalle de áreas de almacenamiento temporal, movimiento interno de materiales, procedimientos para la disposición final de los residuos sólidos resultantes en el tratamiento. Descripción detallada de las instalaciones, con áreas y destinación de ellas, sistema de control de contaminantes de aire y agua, lo anterior se complementa con el **RAS 2000** en el cual estos requisitos se resumen en el plan de manejo, un seguimiento a los características de los residuo, pero adicionalmente estiman conveniente la adopción de sistemas de seguridad física, un programa inspecciones y plan de emergencias.

En las plantas de tratamiento de residuos especiales se deberá cumplir, además, con las disposiciones pertinentes del **Decreto 1594 de 1984** en el cual se establece que las concentraciones para el control de la carga de las siguientes sustancias de interés sanitario son:

Sustancia Expresada como Concentración (mg/L):

- Cadmio 0.1
- Cobre 3.0
- Cromo 0.5
- Mercurio 0.02
- Níquel 2.0
- Plata 0.5
- Plomo 0.5
- Mercurio orgánico No Detectable

En caso que el tratamiento sea a través de incineración se sigue la **Resolución 58 de 2002**: Por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos, que define entre otras instancias los límites de emisión para metales pesados indicados en la tabla 3.

Límites de emisión para metales pesados promedio en una toma de muestra
metales concentración (mg/m³)

Cadmio y sus compuestos, dados como Cd * *

Talio y sus compuestos, dados como Tl * *

La sumatoria de los metales con * * 0.05

Arsénico y sus compuestos, dados como As *

Plomo y sus compuestos, dados como Pb *

Cromo y sus compuestos, dados como Cr *

Cobalto y sus compuestos, dados como Co *

Níquel y sus compuestos, dados como Ni *

Vanadio y sus compuestos, dados como V *

Cobre y sus compuestos, dados como Cu *

Manganeso y sus compuestos, dados como Mn *

Antimonio y sus compuestos, dados como Sb *

Estaño y sus compuestos, dados como Sn *

La sumatoria de los metales con * 0.5

En dicha resolución se amplían los detalles técnicos y físicos con los que deben contar los hornos.

3.6.1.7. Disposición Para **disponer** los residuos sólidos según la **Resolución 2309 de 1986** se solicita la autorización sanitaria y el registro, la autoridad sanitaria puede solicitar: el certificado de uso del subsuelo, los criterios de selección del sitio de ubicación para la disposición sanitaria, sistema de disposición y alternativas consideradas, el manual de operación normal y de emergencia, de mantenimiento y de seguridad, descripción detallada de las áreas y su destinación, el sistema de control de contaminación de aire y agua, entre otros.

3.6.2. Convenio de Basilea. Durante los años ochenta, la inquietud por la repercusión de los desechos peligrosos llevó a los países en desarrollo a la celebración de un convenio internacional para establecer un conjunto de reglas básicas para regir el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o su prohibición en condiciones específicas. Este acuerdo, conocido como el *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación*, fue aprobado en 1989, en respuesta a las preocupaciones que suscitaban que los desechos peligrosos fueran movilizados desde los países industrializados para ser dispuestos en los países en desarrollo que no tienen capacidad para realizar estas actividades. Actualmente, bajo este convenio se desarrollan los controles sobre los movimientos de desechos peligrosos a través de las fronteras internacionales, y se orienta a los países parte, mediante la guías de manejo ambientalmente adecuado sobre algunas corrientes

de residuos peligrosos de preocupación global. Colombia ratificó este convenio mediante la Ley 253 de 1996.

3.6.2.1. Objetivos del Convenio de Basilea.⁶⁷

- Regular los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos entre países, en particular, de “países desarrollados” a “países en vía de desarrollo y en transición.”
- Reducir los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de una manera consistente con su gestión ecológicamente racional.
- Asegurar el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos así como prevenir el tráfico ilícito.
- Tratar y eliminar los desechos peligrosos lo más cerca posible de su lugar de generación
- Minimizar la generación de los desechos peligrosos (volumen y peligrosidad)

Los principales desechos críticos para el control aduanero en Latinoamérica son:

- Compuestos halogenados aromáticos
- Sustancias químicas (mezclas de proceso bach)
- Productos de la industria minera
- Industria metalúrgica (chatarra de distintos metales y lodos anódicos)
- Herbicidas con tránsito por la región
- Algunos fertilizantes por ejemplo: micro nutrientes, fertilización de suelos que ocasionalmente esconden desechos.
- Desechos de papel no clasificado.
- Maquinarias usadas, accesorios, lubricantes, insumos considerados peligrosos.
- Mercancías ó medicamentos vencidos y residuos hospitalarios.
- Compuestos aromáticos halogenados
- Neumáticos usados
- Plaguicidas vencidos o fuera de especificaciones
- Materiales conteniendo asbesto
- Minerales y escoria
- Fertilizantes a base de compuestos minerales.
- Aceites usados (incluyendo uso doméstico, lubricantes y transformadores)
- Baterías y acumuladores usados.
- Desechos plásticos,
- Mercaderías abandonadas en general o en rezago.
- Donaciones

El régimen de control de los movimientos transfronterizos incluye:

- Responsabilidad de notificación
- Consentimiento previo

⁶⁷ SECRETARIAT OF THE BASEL CONVENTION The Basel Convention , Geneva, Switzerland., Febrero de 2007, [citado en Febrero de 2007] Avalaible from UNEP. [http:// www.basel.int/](http://www.basel.int/)

- Obligación de re-importación
- Prohibiciones y restricciones
- Definición y control del tráfico ilegal
- Documentación: notificación y documentación del movimiento
- Contrato entre el exportador y el eliminador
- Seguro / garantías financieras
- Reglas y regulaciones del transporte internacional
- Gestión ambientalmente sano de los desechos

Las obligaciones son:

- Para los desechos que no hayan sido específicamente prohibidos por el Estado importador, las Partes deben prohibir la exportación de desechos peligrosos si el Estado receptor no ha aprobado por escrito esa importación.
- Cada parte deberá impedir la exportación de desechos peligrosos si tiene alguna razón para creer que los desechos en cuestión no pueden ser manejados de una forma ambientalmente sana.
- Ninguna parte permitirá que los desechos peligrosos y otros desechos se exporten a un Estado que no sea Parte o se importen de un Estado que no sea Parte.

Las principales restricciones y prohibiciones son:

- Movimiento entre Partes
- Respecto de las prohibiciones nacionales
- Condiciones de manejo ambientalmente sano
- Exportaciones a la Zona Sur (bajo 60° Latitud Sur)

3.6.2.2. Desarrollo del Convenio de Basilea en Colombia. En el país, el procedimiento de control a los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos establecido en este Convenio, lo realiza el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el apoyo de las autoridades ambientales regionales y locales y la DIAN. Las decisiones mas recientes en el seno de esta convención, se han orientado a definir una agenda de trabajo para los países partes, en algunas áreas específicas en materia de gestión de desechos peligrosos denominada Plan Estratégico para la aplicación del Convenio de Basilea (hasta 2010). Con estos desarrollos, el convenio busca reducir al mínimo la generación de desechos y a asegurar, en la medida de lo posible, la existencia de instalaciones de eliminación en su propio territorio, dado que el objetivo básico es lograr la gestión ambientalmente adecuada de los Residuos peligrosos.

Los principales roles de las entidades del gobierno son⁶⁸:

Ministerio de Relaciones Exteriores: Punto focal del Convenio

⁶⁸ MIN MEDIO AMBIENTE. Desarrollo del Convenio de Basilea en Colombia. Dirección General Ambiente Sectorial.

Ministerio de Medio Ambiente. Autoridad Competente, coordinación.
Hacienda DIAN- Comercio Exterior: Control y vigilancia aduanera
Ministerio de Salud: Desarrollo conceptual sobre toxicidad de los residuos y niveles de aceptabilidad de los mismos.
Ministerio de Desarrollo: Conceptualización y Gestión de residuos de los sectores productivos a través de Vice-Ministerio de Industria.
Ministerio de Defensa-DIMAR: Control y vigilancia de fronteras marítimas y fluviales.
IDEAM: Implementación de Laboratorio Nacional de Referencia para el tema

Figura 13. Estructura del Convenio de Basilea en Colombia.



Fuente: Desarrollo del Convenio de Basilea en Colombia, MIn MAVDT

Los principales roles de la industria y sectores son:

- Gestión en Residuos al interior de los sectores: Consumo como materia prima, generación y minimización, disposición adecuada, sustitución y reciclaje.
- Suministro de información de los residuos que se generan y de los que ingresan en el país en coordinación con la DIAN.
- Apoyar técnicamente a los centros regionales de entrenamiento y transferencia tecnológica del convenio y beneficiarse del intercambio con América Latina.
- Conceptualizar y participar activamente en las consultas y discusiones que se dan en el convenio con el Ministerio del Medio Ambiente y demás actores Nacionales a nivel internacional.

Las principales limitaciones para la implementación del convenio son:

- Falta de claridad en las competencias institucionales y por tanto descoordinación interinstitucional y compromiso.

- Posicionamiento del tema de los Residuos peligrosos en el Contexto de la Gestión Nacional.
- Incompatibilidad en códigos arancelarios Basilea vs. Sistema Armonizado (DIAN).
- Falta de información en el uso de los residuos por parte del sector productivo, lo que genera el potencial ingreso ilícito.
- Escaso conocimiento nacional de la problemática y poca gestión en residuos peligrosos para priorizar temas sectoriales.

Las necesidades más significativas para la adecuada implementación del Convenio son:

- Determinar la estructura funcional e interinstitucional para desarrollar el Convenio.
- Conocer la situación nacional de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos
- Construcción de una red de información interinstitucional que dinamice el Convenio.
- Enmienda del sistema armonizado SBC - DIAN
- Dotar las Aduanas de Infraestructura para operación y detección de lícitos e ilícitos (Ley 430 de 1998)
- Revisar y desarrollar el Marco Legal Vigente
- Capacitación transversal del recurso humano.
- Estructuración del Plan de trabajo Interinstitucional.

3.6.3 Otros convenios internacionales El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) fué aprobado en mayo de 2001, en respuesta a la urgente necesidad de adoptar medidas de alcance mundial para proteger la salud humana y el medio ambiente de sus efectos. Los COP comprenden una serie de sustancias con propiedades tóxicas, persistentes, bioacumulables y que se movilizan a grandes distancias en el medio ambiente. El Convenio de Estocolmo establece que los países deben formular estrategias para determinar las existencias de COP y sus desechos, las cuales deben gestionarse de manera ambientalmente adecuada con carácter irreversible. El Convenio también persigue reducir al mínimo y, cuando sea posible, eliminar las liberaciones de COP producidos de forma no intencional, como son las dioxinas y furanos (subproductos industriales), mediante la adopción de los conceptos de «mejores técnicas disponibles» y «mejores prácticas ambientales», en las actividades potencialmente generadoras de estas emisiones. Este convenio entró en vigor el 17 de mayo de 2004. Actualmente en el país se encuentra para revisión por parte de la Corte Constitucional la Ley 994 de 2005 mediante la cual se ratifica este Convenio.

Por su parte, **el Convenio de Róterdam** sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos

Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional, tiene como objetivo el promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de los países en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente adecuada, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a los países partes. Este convenio se encuentra en proceso de ratificación por parte de Colombia. .

El conjunto de estos convenios, constituyen el marco internacional que regula la gestión ambientalmente adecuada de los productos químicos peligrosos durante su ciclo de vida incluidos los desechos peligrosos.

Actualmente se encuentra en proceso de elaboración el **Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos** a nivel internacional **SAICM** (por su siglas en Inglés), el cual tiene como objetivo lograr una sinergia entre los esfuerzos internacionales y nacionales, alrededor de la reducción de los riesgos originados por los productos químicos incluidos los desechos peligrosos, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Busca reducir las diferencias existentes entre los países desarrollados frente a los países en desarrollo y con economías en transición, en cuanto a sus capacidades de gestión racional de los productos químicos.

Esta estrategia reafirma y pretende apoyar la aplicación de los convenios anteriormente mencionados y los compromisos internacionales de la Organización Mundial del Trabajo en cuanto a seguridad en el medio laboral. En sus planteamientos se han priorizado la minimización o la reducción de la exposición a sustancias especialmente peligrosas, como las carcinógenas, mutagénicas y tóxicas para la reproducción, sustancias tóxicas persistentes y bio-acumulativas, disruptores endocrinos y metales pesados como el mercurio.

El SAICM comprende una declaración de alto nivel, que reafirma el compromiso expresado por la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en su Plan de Aplicación de Johannesburgo, el cual busca minimizar en gran medida los efectos negativos derivados de la producción y utilización de productos químicos en la salud humana y el medio ambiente para el 2020. Comprende además, una estrategia de política global para la gestión de los productos químicos a nivel internacional y finalmente un Plan de Acción. Mundial con la definición de las «medidas concretas» que orientan a los países para cumplir los compromisos expresados. Esta estrategia internacional se encuentra en proceso de formulación internacional.

3.7 VIGILANCIA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA LEY

La falta de vigilancia para el cumplimiento de los instrumentos legales y normas que regulan el manejo de residuos sólidos municipales y peligrosos es una restricción importante para la gestión eficaz de los residuos sólidos. Esto se debe principalmente a la falta de recursos de las municipalidades y de los organismos del gobierno, como también a problemas de burocratización y a la carencia de programas dirigidos a la educación y participación de la comunidad. Entre otros aspectos contamos los siguientes:

- La normatividad se encuentra dispersa.
- Existe desconocimiento por parte de generadores, gestores o receptores, autoridades y comunidad en general sobre el tema.
- No existe un sistema de manejo separado de los Residuos peligrosos, excepto para algunas corrientes de residuos. Por lo general la disposición final se realiza con los residuos no peligrosos.
- Falta de compromiso por parte de los generadores de asumir su responsabilidad frente a la gestión y el manejo de los residuos.
- Los consumidores desconocemos la relación con el riesgo que conlleva un manejo inadecuado de los Residuos peligrosos, debido a que se consume el producto más económico, sin importar su calidad ni su gestión post-consumo.
- Hay muy pocas empresas autorizadas que brindan servicios para el manejo de Residuos peligrosos.
- El país no dispone de reglamentos técnicos especializados en la materia, que faciliten la clasificación, identificación, caracterización y manejo adecuado de los residuos peligrosos.
- Actualmente no existen laboratorios acreditados que caractericen residuos peligrosos.
- La oferta en el transporte especializado de Residuos peligrosos es limitada y en muchos casos se realiza sin los requisitos legales.
- Baja capacidad técnica y de infraestructura de las autoridades aduaneras para controlar los movimientos transfronterizos de los residuos

3.8 PLANES Y PROYECTOS

Existen proyectos piloto de manejo de residuos en la Región, la mayoría tienen carácter académico y también técnico, pero son raros los casos que permanecen durante varios años. Esto se debe a que el diseño de los proyectos no incluyen prácticas de monitoreo ni seguimiento, ni tampoco la adopción de mecanismos jurídicos, institucionales, administrativos ni de auto-sostenibilidad económica ni financiera. La excepción son los proyectos de creación de microempresas de recolección y las cooperativas (especialmente de reciclaje) que hace 15 ó 20 años no existían y aunque actualmente necesitan apoyo para mejorar su capacidad gerencial y operacional, pueden considerarse como

experiencias permanentes y exitosas.

3.8.1 Política ambiental de Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dic-2005 En el marco de la gestión integrada del ciclo de vida, el objetivo general de esta política es prevenir la generación de los Residuos peligrosos y promover el manejo ambientalmente adecuado de los que se generen, con el fin de minimizar los riesgos sobre la salud humana y el ambiente contribuyendo al desarrollo sostenible. El alcance de esta política es la gestión de los residuos peligrosos sólidos o semisólidos, o líquidos y gases contenidos para su manejo en recipientes o depósitos, e incluyen la gestión de los mismos en las diferentes etapas de manejo tales como: generación, transporte, comercialización y distribución, consumo, almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento, disposición final, importación y exportación.

Las bases más importantes de esta política son:

- La minimización mediante la prevención de la generación, así como el aprovechamiento y la valorización, es la prioridad de la gestión integral de los Residuos peligrosos.
- El tratamiento de los residuos peligrosos debe permitir la reducción de su volumen y/o peligrosidad, mediante la aplicación a un costo razonable de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales.
- La disposición final de los residuos peligrosos debe, en la medida de lo posible, limitarse a aquellos que no sean aprovechables o cuyo reciclado por el momento no sea económico o técnicamente factible.

La actuación de las autoridades, además del *control y vigilancia* para una adecuada gestión de Residuos peligrosos, se orientará según dicha política a incentivar principalmente las prácticas de *minimización de la generación y las de valorización* de los Residuos peligrosos a todos los actores involucrados y a establecer las condiciones facilitadoras a quienes muestren interés de *invertir en instalaciones de tratamiento y disposición final*. Los *generadores y consumidores* deben comprometerse a generar un cambio de actitud sobre el tema y a emprender acciones concretas para el cumplimiento de los objetivos y las metas propuestas en la presente política.

Respecto a nuestro tema de estudio, los pilas en desuso, la política contempla estrategias de prevención bajo el título de gestión de residuos peligrosos derivados del consumo masivo de productos con característica peligrosa. Dentro de los productos principales generados en el post-consumo se encuentran los productos que han perdido sus características iniciales y por lo tanto no pueden ser usados para el fin para el cual fueron elaborados, por ejemplo, las pilas, entre otros. La estrategia propuesta desarrollaría acciones que contribuyan a un cambio de actitud o de modificación de los patrones de consumo, en todos los niveles de la sociedad; para facilitar el cumplimiento por parte de los consumidores de sus

obligaciones frente a la gestión de los residuos peligrosos, y la adopción de sistemas de retorno de productos post-consumo a cargo de los fabricantes e importadores y la conformación de sinergias entre generadores y gestores de residuos peligrosos con el fin de lograr el manejo adecuado de los residuos provenientes de las actividades de consumo.

El éxito de implementación de esta política depende en gran medida del compromiso, la participación y la asignación de recursos técnicos, humanos y económicos por parte del Gobierno Central y Descentralizado, el Sistema Nacional Ambiental, los generadores y gestores de los Residuos peligrosos, los consumidores, las ONG y la comunidad en general.

3.8.2 Proyecto de Ley 37 de 2006 – Residuos y desechos peligrosos – Propuesta de Ley en proceso de trámite. El contexto económico ad-ports del Tratado de Libre Comercio, indica que Colombia debe adoptar una posición importante sobre la gestión de los residuos peligrosos generados en el país y en el exterior. La Constitución Nacional de 1991, hace referencia específica a unos tipos de residuos peligrosos en el artículo 81 de la Constitución Nacional, al expresar claramente la prohibición de la entrada al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos. Sin embargo, existen otras características, tales como la inflamabilidad, combustibilidad, reactividad, radiactividad, volatilidad, así como el carácter explosivo, corrosivo o infeccioso que le confieren peligrosidad a una sustancia⁶⁹. En el artículo mencionado, si bien, sólo se tiene en cuenta la toxicidad que es una de estas características, se están excluyendo las demás, que ejercen impactos de igual o mayor intensidad o forma sobre la salud y sobre el entorno. Por este motivo, se considera necesario establecer una legislación al respecto, que incluya tanto los desechos tóxicos, como los residuos o desechos peligrosos en todas sus formas, teniendo en cuenta las diferentes características de peligrosidad contempladas en el Convenio de Basilea, que fue adoptado y ratificado por Colombia, mediante la Ley 253 de 1996⁷⁰.

El objeto de esta ley es prohibir la introducción o importación de residuos y desechos peligrosos en cualquier forma al territorio nacional y consagrar principios y lineamientos para la gestión integral de los residuos peligrosos generados en el país y la infraestructura de la que deben estar dotadas las autoridades aduaneras, las zonas francas y portuarias, con el fin de detectar de manera técnica y científica la introducción de estos residuos y aplicar las sanciones a que haya lugar. La ley define exactamente en que consiste la prohibición y bajo qué principios se fundamenta dicha negación y en general la gestión integral de residuos peligrosos. Por otro lado, son adoptadas las definiciones principales que deberá considerarse como mínimo para establecer el alcance y objeto de la Ley, que son concordantes

⁶⁹ Resolución 189 de 1994, Ministerio de Medio Ambiente, Colombia.

⁷⁰ Proyecto de Ley 37 de 2006. Prohibición introducción de residuos peligrosos. Exposición de motivos.

con las proporcionadas en el Convenio de Basilea (Ley 253 de 1996), no obstante, definiendo con particularidad al generador, transportador, receptor y varias condiciones de modo y lugar con el fin de regular con amplitud todas las acciones que involucra el uso y manipulación de los residuos peligrosos según sus clasificaciones o categorías.

El proyecto de ley, propone el registro único para los generadores y una georeferenciación de los transportadores y receptores que tendría como mínimo el inventario, caracterización y cuantificación de las sustancias o elementos que los compongan. Igualmente, son consagrados el trabajo conjunto y la participación ciudadana, la autonomía de las entidades territoriales y la cooperación internacional para garantizar los derechos fundamentales y colectivos de los habitantes del país frente a los riesgos que suponen la gestión de los residuos peligrosos. Estos aspectos deben considerar la capacitación, divulgación e información a la comunidad sobre la importancia del manejo adecuado de productos industriales o domésticos que contengan sustancias o elementos peligrosos y su impacto sobre la salud humana o el entorno en general, para la correcta aplicación del principio de corresponsabilidad.

El fondo de esta propuesta busca proteger intereses nacionales debido a que Colombia no cuenta aún con sistemas y tecnologías requeridos para disponer adecuadamente la mayor parte de los residuos peligrosos generados en el país y por lo mismo, no está en capacidad de recibir residuos o desechos peligrosos provenientes de otros países. Esto implica la incapacidad técnica, la inexistencia de personal adecuado para controlar y vigilar los debidos procedimientos sobre la disposición final, incluyendo la introducción de residuos y desechos peligrosos.

4. PROPUESTA PARA COLOMBIA

4.1. GESTIÓN

4.1.1. Prevención de la generación de residuos peligrosos a través de la promoción e implementación de estrategias de producción más limpia.

Promover la adopción de prácticas y tecnologías más limpias, la sustitución de insumos contaminantes, la investigación, sensibilización y capacitación así como, el diseño y aplicación de instrumentos que faciliten esta gestión, tales como convenios de producción más limpia, planes de gestión sectoriales o regionales, códigos voluntarios de gestión ambiental, programas de reconocimiento ambiental, entre otros. Por ejemplo, reducir el contenido de metales pesados de las pilas y los acumuladores como programa ambiental obligatorio para los fabricantes locales.

Buscar el desarrollo de acciones por parte del generador, orientadas a la gestión integral de los residuos peligrosos, y a la adopción de compromisos orientados principalmente a la prevención de la generación y reducción de la cantidad y peligrosidad de los mismos. Para este fin, se debe establecer la obligación a los generadores de la formulación e implementación de Planes de Gestión Integral de Residuos peligrosos.

Igualmente, las autoridades ambientales dentro de los Planes que formulen para promover la gestión Integral de Residuos Peligrosos, deberá orientar acciones para lograr la reducción de generación de Residuos peligrosos en la fuente y motivar cambios en los patrones de consumo, en los cuales participen diferentes representantes de la sociedad.

4.1.2. Gestión de residuos peligrosos derivados del consumo masivo de productos con característica peligrosa.

El impulso al aprovechamiento y valorización sostenible de los residuos peligrosos se debe centrar en el desarrollo de instrumentos que faciliten el acceso a tecnologías de aprovechamiento y a fortalecer los procesos de reincorporación de los productos a los ciclos productivos. Al generador y sectores productivos se deberá apoyar en tareas, relacionadas con separación en la fuente, acopio, recolección, comercialización y adopción de tecnologías de aprovechamiento.

Establecer la adopción de sistemas de retorno de productos post-consumo a cargo de los fabricantes e importadores y la conformación de sinergias entre generadores y gestores de residuos peligrosos con el fin de lograr el manejo adecuado de los residuos provenientes de las actividades de consumo.

4.1.3. Promoción del tratamiento y disposición final de residuos peligrosos de manera ambientalmente segura

Promover instrumentos que faciliten la planificación e implementación de distintas soluciones, en el marco de la libre oferta y demanda, priorizando por los corredores industriales de alta generación y las corrientes de residuos peligrosos objeto de compromisos internacionales, acordes a las características de cada región o sector. Incentivar y atraer la inversión privada para consolidar la plataforma de servicios de tal forma que se garantice una oferta tecnológica con viabilidad ambiental, económica y social, a través de diferentes mecanismos como incentivos económicos y financieros. Realizar estudios para establecer la oferta y demanda de servicios especializados y la evaluación de los potenciales comerciales a nivel local, regional y nacional.

Identificar los municipios con mayor incidencia en el tema, y desarrollar estrategias de asesoría institucional para la instalación de infraestructura para el tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos.

Acondicionamiento y depósito en Celdas de Seguridad de Rellenos Sanitarios, o en Rellenos Industriales.

4.1.4. Prevención de la contaminación y gestión de sitios contaminados

Propender por el establecimiento de medidas tendientes a evitar la contaminación de sitios ocasionada por sus sustancias y residuos peligrosos y promoverá la gestión ambiental adecuada de los sitios contaminados a fin de evitar y reducir los riesgos a la salud y al ambiente.

4.1.5. Definir y desarrollar instrumentos económicos. Comprender el análisis de nuevos instrumentos económicos o la complementación o ajuste de los existentes como herramienta para apoyar la gestión integral y el manejo de los residuos peligrosos.

.

Evaluar los alcances y limitaciones de los sistemas de retorno en el logro de sus metas de gestión adecuada de productos post-consumo peligrosos y adoptar los ajustes a estos instrumentos.

.

Precisar y viabilizar nuevos instrumentos económicos y financieros que faciliten la gestión de residuos o desechos peligrosos.

Las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias y previa consulta con los sectores interesados, podrán establecer ayudas económicas con el fin de fomentar el reciclado de las pilas y acumuladores usados, de acuerdo con criterios ecológicos y económicos válidos.

4.1.6. Fortalecer los procesos de capacitación, educación e investigación.

Establecer programas educativos, de capacitación y de concientización que se puedan desarrollar o fortalecer a las autoridades ambientales, entes territoriales, el sector privado y la comunidad en general, y que se orienten en brindar elementos conceptuales sobre los residuos peligrosos, la minimización de la generación y el manejo de los residuos peligrosos entre otros.

Promover el establecimiento de programas continuos de formación, capacitación y adiestramiento en instituciones educativas en la gestión y manejo de residuos peligrosos.

Concientizar mediante la creación de cátedras en los colegios y en los diferentes niveles de agentes potenciales de contaminación: hospitales, puertos, zonas francas, industrias, entre otros.

Programas de especialización de gestión y manejo de Residuos peligrosos en las universidades del país.

Trabajar de manera conjunta con COLCIENCIAS, el Centro Nacional de Producción más Limpia, los Nodos Regionales y las Universidades, en el desarrollo y la divulgación de proyectos de investigación orientados a la reducción y el manejo de residuos peligrosos. Establecer un programa de certificación de competencias laborales para el personal técnico que labore en actividades de manejo de residuos peligrosos.

4.1.7. Impulsar la actualización y armonización del marco normativo. La normatividad vigente en materia de residuos peligrosos en el país data del año 1986 con algunos desarrollos posteriores sobre diferentes corrientes de residuos peligrosos. Uno de los principales objetivos de la Política Ambiental de la Gestión Integral de Residuos es impulsar la actualización y armonización del marco normativo existente y desarrollar instrumentos para el control de los Residuos peligrosos.

En la ejecución de esta estrategia se prevee la realización de las siguientes acciones en materia de desarrollos normativos:

- Expedir una norma marco que reglamente la prevención y el manejo de los residuos peligrosos en el marco de la gestión integral, de manera concertada y participativa teniendo en cuenta todos los actores involucrados.
- Establecer a nivel nacional, el registro de generadores de residuos peligrosos

- Ajustar los requerimientos establecidos en el manifiesto de carga para la movilización de residuos peligrosos conjuntamente con el Ministerio de Transporte, con el fin de controlar el transporte de los mismos en el territorio nacional.
- Establecer los elementos que deberán considerar los planes gestión de devolución de productos post-consumo en el marco de los sistemas de retorno.
- Actualizar y expedir reglamentos técnicos para el Manejo de los Residuos peligrosos.
- Trabajar en desarrollos normativos relacionados con Residuos peligrosos de control prioritario.
- Establecer mecanismos aduanales de control que impidan el ingreso de baterías de mala calidad y niveles no aceptables de mercurio. De ser posible vigilar e impedir el ingreso de baterías de óxido de mercurio que aún se venden en el mercado asiático.

Específicamente con el tema de las pilas y las baterías se deben definir parámetros legales para establecer objetivos de recogida y reciclado. La propuesta se aplicaría a todas las pilas y acumuladores que contienen mercurio, plomo y cadmio para que estos materiales usados sean recogidos gratuitamente por los productores con vistas al reciclado de sus materias primas, que se destinarán a la fabricación de nuevos productos u otros tratamientos posteriormente aprobados técnicamente. Los fabricantes deberían como generadores financiar las operaciones de recogida, tratamiento, reciclado y eliminación ecológica de todo tipo de pilas usadas recogidas. El costo de la recogida de las pilas portátiles puede ser compartido entre los fabricantes y las autoridades nacionales, regionales o locales. Todas las pilas y acumuladores deben llevar el símbolo que indica que serán objeto de una recogida separada. Lo anterior sería totalmente armonizado en nuestra legislación si las pilas y sus acumuladores son considerados como residuos peligrosos.

4.1.8 Planificación, coordinación y fortalecimiento institucional. Implementar un sistema de información de Residuos peligrosos, con base en la información que suministren los generadores, gestores, autoridades involucradas en la gestión y manejo de los Residuos peligrosos.

Desarrollar la capacidad analítica en el país para la caracterización de los Residuos peligrosos a través de laboratorios acreditados ubicados en sitios estratégicos.

Fortalecer las autoridades ambientales, sanitarias y aduaneras técnicamente para llevar a cabo el control de la gestión de los Residuos peligrosos y fortalecer la comunicación entre estas.

Establecer centros y redes nacionales y regionales encargados de la reunión y difusión de la información, que sean de fácil acceso y utilización para los organismos públicos y la industria y para otras organizaciones no gubernamentales.

Impulsar, en las autoridades regionales y locales, el establecimiento de programas intensivos y permanentes de capacitación a los funcionarios encargados de la evaluación, control y seguimiento a la Gestión de Residuos peligrosos, con el fin de consolidar una base jurídica y técnicamente sólida en el país.

4.1.9. Participación Pública Constituir espacios para promover la gestión y el manejo de las pilas y baterías tales como: comités regionales, mesas de participación y trabajo sectorial, participación comunitaria, cámaras de industria y comercio nacionales e internacionales, agencias de cooperación internacional.

4.2 PROGRAMA OPERATIVO

4.2.1 Programa de recolección y reciclado de pilas en Colombia

4.2.1.1 Preliminares Quedan expresamente excluidas de esta gestión las pilas usadas que se generan por la actividad propia de las empresas privadas fabricantes. Las usadas que tengan este origen deberán ser gestionadas por cada empresa que tiene la obligación, como productor de residuos peligrosos.

Los fabricantes deberían según el decreto 4741 de 2005 ser responsables por las pilas que producen. Las pilas que aún contienen mercurio, cadmio y plomo deben ser recuperadas, ya que constituyen peligrosos residuos que no pueden ir a parar a la basura común. Los fabricantes poseen la responsabilidad de desarrollar la tecnología necesaria para eliminarlas, recuperar sus principales componentes y sustituirlas por productos menos contaminantes.

Los fabricantes deben ofrecer información clara al consumidor. Las pilas deberían tener impreso en su carcasa una leyenda o indicación que facilite al usuario su identificación y método de disposición. Las de óxido de mercurio, una de las más peligrosas, pueden ser sustituidas por las de Zinc-Aire. Es necesario que fabricantes de pilas y fabricantes de aparatos acuerden este tipo de sustituciones. Tender al desarrollo de pilas recargables inocuas y de mayor duración, única manera de detener la creciente cantidad de basura que generan sus empresas.

Idealmente, las pilas deberían ser devueltas al fabricante para que éste se encargue de reciclar y de reutilizar lo que le sea útil mediante la implementación

de tecnologías adecuadas a tal fin.

Los gobiernos tendrían que centrar sus esfuerzos en recolectar y reciclar las pilas que contienen cantidades significativas de material peligroso como las pilas de NiCd, óxido de mercurio, y de ácido de plomo.

La eliminación de la adición de mercurio en pilas alcalinas y zinc carbón estándares debería ser obligatorio en todas partes del mundo.

4.2.1.2 Separación – Recolección La separación se estructura con base a una campaña de difusión y concientización, para lo cual se podría hacer la difusión a través de folletos explicativos de los riesgos y perjuicios que ocasionan las pilas y sobre los lugares donde se pueden depositar. Paralelamente se puede gestionar con establecimientos educacionales charlas informativas sobre la problemática de la contaminación de napas de agua por pilas usadas, apuntando a la generación de conciencia y cambios de actitud. Por otra parte se puede reforzar la campaña con avisos en medios gráficos y radiales del barrio, apuntando a una máxima difusión del programa.

Para completar la etapa de recolección se pueden instalar buzones o centros de acopio en distintos puntos de los barrios. Lo ideal es que las pilas no salgan de su círculo comercial, es decir en tiendas de fotografía, relojerías, ferias de electrónica, ferreterías, supermercados, etc. Estos lugares cuentan con personal y espacio adecuados para el depósito provisional y son fácilmente accesibles a todos los ciudadanos que voluntariamente se adhieran para colaborar. Se pretende que el consumidor, al tiempo que compra sus pilas nuevas, deposite las usadas, fomentando así la cultura del Reciclado.

Los fabricantes deben ser responsables por las pilas que producen. Las pilas que aún contienen mercurio, cadmio y plomo deben ser recuperadas, ya que constituyen peligrosos residuos que no pueden ir a parar a la basura común. Los fabricantes poseen la responsabilidad de desarrollar la tecnología necesaria para eliminarlas, recuperar sus principales componentes y sustituirlas por productos menos contaminantes.

La Red de Puntos de Recogida selectiva de pilas y acumuladores usados de origen doméstico, puede ser el conjunto de establecimientos donde se encuentran los contenedores en los que el ciudadano puede depositar las pilas usadas, eliminándolas así de la basura doméstica, de forma ordenada y coherente, y minimizando los riesgos. Dichos centros dotados de recolectores exclusivos para los diferentes tipos de pila y de uso único para este fin.

Existen dos tipos de contenedores empleados en Europa: el "iglú", destinado específicamente para la recogida de pilas botón, y la "caja", que se utiliza para la recogida del resto de las pilas usadas.

La recolección puede implementarse inicialmente cada mes y se registrará para poder predecir la cantidad a recolectar promedio y predecir la respuesta del público, permitiéndose además evaluar cómo funcionaba la recepción en cada lugar.

4.2.1.3 Transporte El transporte a manejar puede ser terrestre y sus características serán orientadas al cumplimiento del decreto 1609 de 2000.

4.2.1.4 Tratamiento-disposición Periódicamente las pilas se pueden llevar a un depósito central para tratarlas adecuadamente.

En cuanto al tratamiento de pilas recolectadas las posibilidades no son demasiado amplias. El reciclaje no es posible en el país ya que no se dispone de plantas que traten pilas usadas. La construcción de una planta de este tipo significaría costos demasiado elevados, además, que las cantidades que inicialmente se recolecten no justificarían una inversión de este tipo. Esta variante podría ser interesante en un futuro cuando la recolección de pilas se realice en todo el país, contando entonces con mayores cantidades. Sin embargo tendría que evaluarse la necesidad y rentabilidad de construir una planta propia.

En la Política ambiental de gestión integral de residuos peligrosos se expone como estrategia promover instrumentos que faciliten la planificación e implementación de distintas soluciones, en el marco de la libre oferta y demanda, priorizando por los corredores industriales de alta generación y las corrientes de residuos peligrosos objeto de compromisos internacionales, acordes a las características de cada región o sector.

El Gobierno Nacional expedirá un CONPES para el fomento al desarrollo de infraestructura en el país, el cual considere entre otras cosas:

- Incentivar y atraer la inversión privada para consolidar la plataforma de servicios de tal forma que se garantice una oferta tecnológica con viabilidad ambiental, económica y social, a través de diferentes mecanismos como incentivos económicos y financieros.
- Realizar estudios para establecer la oferta y demanda de servicios especializados y la evaluación de los potenciales comerciales a nivel local, regional y nacional.
- Realizar los estudios que permitan la expedición del marco normativo donde se fijen las condiciones legales que garanticen que no existan

posiciones dominantes en el mercado procurando siempre la libre competencia.⁷¹

La posibilidad de reciclarlas o tratarlas en el exterior no parece muy viable, dado que la mayoría de las plantas de reciclaje se encuentran en Europa, Norteamérica y Japón, teniendo que considerar entonces distancias muy largas, además de los costos de tratamiento. Se deben también tener en cuenta los trámites administrativos necesarios para el transporte de residuos por convenio de Basilea. En Latinoamérica se encuentra sólo la planta de reciclaje en Argentina. Esta sería una posibilidad más factible ya que la distancia a transportar es mucho menor, a pesar de seguir siendo considerable.

La incineración tampoco es aconsejable. De acuerdo con el diagnóstico realizado durante el año 2004, en Colombia existen 170 incineradores aproximadamente, de los cuales el 57% se encuentran ubicados en hospitales y clínicas, el 32% en empresas privadas para uso interno y el 11% lo constituyen incineradores comerciales que prestan sus servicios a terceros. La capacidad instalada a nivel nacional es aproximadamente de 18.000 t/año, la mayoría de los incineradores son de baja capacidad (100 Kg/h) y su utilización es alrededor del 50%. Del total de incineradores del país, el 55% se encuentran ubicados en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca y la ciudad de Bogotá. La oferta de servicios de incineración en el país se ha caracterizado por la utilización de hornos verticales de doble cámara, que en muchos casos no disponen de los equipos de control de emisiones adecuados. Algunas empresas dedicadas a la incineración reciben sin la caracterización previa los residuos, lo que puede ocasionar que se incineren algunos residuos que no cumplen con las características para ser incinerados, causando problemas de contaminación o accidentes, así mismo, no se inertizan las cenizas antes de ser confinadas en rellenos sanitarios.⁷¹

No obstante lo anterior, es importante destacar los esfuerzos realizados por las autoridades ambientales con el fin de mejorar el control y seguimiento del sector, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 0058 del 21 de enero de 2002, modificada por la Resolución 0886 del 27 de julio de 2004, del MAVDT, por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.

Las plantas industriales existentes, que pudiesen tratar pilas, no disponen de las técnicas de tratamiento de emisiones necesarias, por no tratar en general con residuos peligrosos.

⁷¹ POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

El uso de pilas como “materia prima o chatarra alternativa” en la industria metalúrgica es muy interesante, por dos razones. Colombia, como productor, cuenta con plantas de este tipo. Además las pilas más usadas en el país son las alcalinas, justamente el tipo de pilas adecuado para este uso. Desgraciadamente para llevar a cabo esta variante habría que primero separar las pilas alcalinas (también las secas) del resto, no habiendo posibilidades de hacerlo en el momento. En Europa la separación de los distintos tipos se lleva a cabo usando el magnetismo y/o los rayos X. Además, las pilas producidas sin mercurio llevan un código que puede ser leído con rayos UV, simplificando su separación. Podrían llevarse a cabo un estudio analizando estas posibilidades o desarrollando una nueva. Las pilas recolectadas podrían entonces ser usadas para dicha investigación. También habría que aclarar la disposición de la industria metalúrgica de usar pilas.

La disposición en un relleno de seguridad, habiendo inmovilizado los componentes previamente, es la solución más aplicable Colombia y Latinoamérica Sintetizando, las posibilidades de tratamiento de las pilas recolectadas serían:

- Relleno de seguridad
- Relleno de Seguridad con subvención de la industria
- Acuerdo de investigación con la industria metalúrgica

Si el relleno se encarga de asimilar la basura doméstica junto con estos elementos, las proporciones de las sustancias disminuyen y su degradación puede ser mejor asimilada.

Los rellenos de seguridad almacenan de un modo más seguro las pilas recolectadas, que su simple vuelco en los rellenos convencionales y basurales sin control.

Para ello, es necesario recurrir al aislamiento y sellado del sitio. Existen diferentes tipos de confinamiento que sólo serán mencionados:

- Sistemas de recubrimiento.
- Capas de protección superficial.
- Capa de drenaje.
- Capa de arcilla compactada y geomembranas.
- Capa drenante de gases.
- Pantallas impermeables o de aislamiento.
- Pantallas impermeables con base en fluido viscoso.
- Pantallas estructurales de hormigón armado.
- Pantallas por inyección de cemento.

En el pasado, el relleno sanitario de Doña Juana en Bogotá, contaba con una celda especial para la disposición de residuos infecciosos provenientes de

servicios de salud, el resto del país no ha desarrollado como método de disposición final las celdas de seguridad. Sin embargo se resalta, que existe un relleno de seguridad en Cundinamarca para la disposición de lodos con características peligrosas y casos excepcionales en el sector privado.

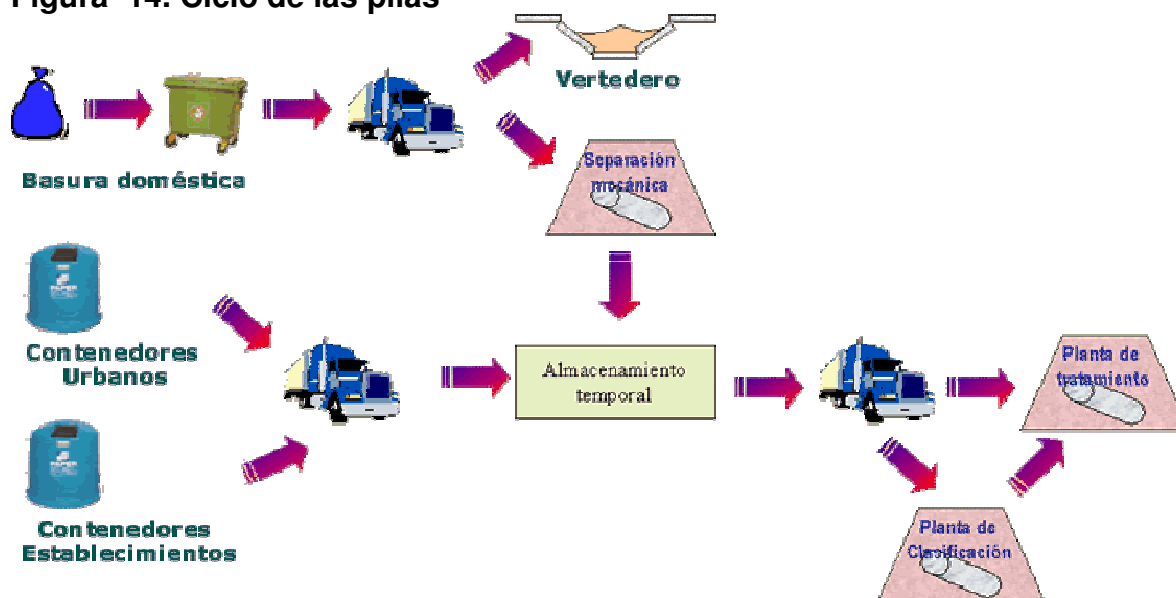
Tabla 28. Síntesis de las Ventajas y desventajas de los distintos tratamientos de pilas existentes

	Ventajas	Desventajas
Uso como chatarra alternativa	No hay que construir planta de tratamiento Ecológico, reuso de materiales Plantas metalúrgicas en Colombia	Es necesaria una separación por tipos de pilas Sólo pilas alcalinas, secas o zinc aireadas que no contengan mercurio o también níquel metal hídrico
Reciclaje de metales	Existentes para todos los sistemas químicos Recuperación de materiales	Es necesaria una separación por tipos de pilas Las ganancias de la venta de los metales recuperados no cubren los gastos del proceso (aunque esos costos hacen por ej. para pilas de Ni/Cd menos del 1 % del precio de venta de pilas) Requiere nivel técnico alto
Incineración	Para todos los sistemas químicos No es necesaria la separación de pilas No hay que construir planta de tratamiento	Requiere alto nivel técnico, sobre todo para el tratamiento de emisiones gaseosas Problema de la disposición de filtros y cenizas Desde el punto de vista ecológico no es la mejor solución ya que no se reusan o recuperan materiales No hay plantas que cumplan con los requisitos técnicos
Inmovilización y disposición	Para todos los sistemas químicos No es necesaria la separación de pilas Nivel técnico bajo para la inmovilización	Desde el punto de vista ecológico no es la mejor solución, ya que no se reusan o recuperan materiales Nivel técnico alto para el vertedero de seguridad

Exportación y tratamiento en el extranjero	No hay que construir planta de tratamiento	Transporte (costos, infraestructura) Dificultades legales
--	--	--

Fuente: LEMKE, Astrid, Proyecto GTZ Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades de la X Región clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto GIROSOL, [online], Chile, Octubre 2004 [citado en 24 de Abril de 2006]., No. 1996.2057.6-001.00, Available from www.giresol.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=149.

Figura 14. Ciclo de las pilas



Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Available from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

4.2.1 Usuarios Como recomendaciones adicionales vale a pena mencionar que no se deben adquirir aparatos que no sean imprescindibles o funcionen exclusivamente con pilas. Sí no se tiene más remedio que usar pilas, se deben tener en cuenta las siguientes posibilidades:

- Utilizar las inofensivas pilas salinas o NORMALES (zinc-carbón), y las llamadas VERDES (libres de mercurio), en sustitución de las alcalinas.
- Evitar las pilas botón de MERCURIO y utilizar las de litio.
- Es conveniente el uso de aparatos conectados a la red eléctrica.
- Los aparatos mixtos (pilas y red) se deben enchúfar siempre que se pueda.

Se debe tener en cuenta que la energía de las pilas cuesta hasta 450 veces más que la que suministra la red.

- Aprovechar las pilas recargables de níquel-cadmio. Son más caras, contaminan al igual que las de mercurio y se necesita un cargador, pero tienen la ventaja de poder reutilizarse más de 500 veces, lo que supone un importante ahorro económico y una significativa disminución del vertido de pilas al medio ambiente.
- Almacenar en casa o en el trabajo las pilas alcalinas, recargables y de botón que hayan acabado su utilidad y esperar la oportunidad de depositarlas en los contenedores para pilas usadas, en caso que se opte la metodología de recolección.
- Usar calculadoras o aparatos a energía solar.
- No dejar las pilas al alcance de los niños. Pueden llevarlas a la boca y hacer una inconsciente ingesta de metales pesados con su consiguiente peligro para su salud.
- No arrojar la pila con la basura domiciliaria si no se cuenta en la ciudad con relleno sanitario (que tienen una cobertura especial para evitar la filtración de sustancias contaminantes). Si bien esto continúa alejado de la medida correcta, es lo menos perjudicial por el momento. De no contar con el relleno sanitario en la ciudad, iría a parar a los basurales de cielo abierto y contaminará severamente el suelo dañando todo el ecosistema.
- No comprar las baratas, las de marca conocida tiene mayor vida útil, y estas empresas tienden a convenios de minimización de mercurio.
- Evitar las pilas-botón y, si hay que comprarlas, elige las de litio, las de zinc-aire o las de óxido de plata, que no tienen o tienen muy poco mercurio.

BIBLIOGRAFIA

ABREO ROJAS Nicoli, KIMBERLY Jaidit Pacheco Cubillos, Diseño de una metodología para la disposición de las baterías de celular Ni-Cd y Ni-MH. Universidad Nacional de Colombia, 2000.

AERPAM- Asociación Española de Recogedores de Pilas, Acumuladores y Móviles, [online], Barcelona, España, [citado en 05 de Agosto de 2005], Avalaible from <http://www.aerpa.org/>.

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES, DIVISIÓN DE TOXICOLOGÍA Y MEDICINA AMBIENTAL, TOX FAQ, [online] Atlanta, Estados Unidos, JUN, 1999, [citado en 27 de Octubre de 2006], Avalaible from http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html

AGUADO-MONSONET, Miguel A Nuevas tecnologías para baterías: desarrollos prometedores [online], IPTS, DG-XII, Vol 36, Sevilla, España, 2003, [citado el 16 de noviembre de 2005], Avalaible from: <http://www.jrc.es/pages/iptsreport/vol36/spanish/ENE1S366.htm>

ALTOLAGUIRRE, Leandro, Residuos peligrosos generados en nuestras casas, [online] Medio Ambiente, su conservación para todas las formas de vida_ ALIHUEN Patagonia, Argentina, 2004, [citado en 10 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.alihuen.org.ar/informacion-en-general/residuos-peligrosos-generados-en-nuestras-casas.html>.

ALZATE, Jader, Baterías Recargables de Níquel Cadmio, [online] , Avalaible from www.geocities.com/jader_alzate/Baterias.htm

ARGENTINA NUCLEAR, Vitrificación de Pilas, [online], Edición 75, Octubre de 2000, Buenos Aires Argentina, [citado el 3 de marzo de 2005], Avalaible from: http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/075-10-2000/075-pub_argentina-nuclear.html

BOLETÍN DE TEMAS DE SALUD, [online], Suplemento del Diario del Mundo Hospitalario de la Asociación de Médicos Municipales de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, Año 10, N° 93, Noviembre del 2003 [citado 15 de Octubre de 2006],
Avalaible from http://www.aamma.org/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=31.

BRAGONZI Damián, GÓMEZ Nicolás, Ciencia al Día, colbon para baterías de automóviles [online], Cali, Colombia, 1999, [citado el 20 de Abril de 2006],
Available from <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio99/colbon.html>

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, Diagnóstico del Manejo de Residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. y Organización Panamericana de la Salud. Sep, 1998. Serie Ambiental N 18 [online], [citado el 4 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://cepis.org.pe>

BENAVIDES, Livia, guía para el diseño de rellenos de seguridad en América latina, Cepis, REPI86,[online], 1993, [citado el 30 de Septiembre de 2006],
Avalaible from <http://www.cepis.ops-oms.org/cdrom-repi86/fulltexts/eswww/fulltext/gtz/grespel/guiadisr.html#listas>

BUSTILLOS CASTILLO Paola, Las pilas o baterías agotadas no son un residuo cualquiera, [online], 2003, Avalaible from <http://www.monografias.com/trabajos12/monpilas/monpilas.shtml>.

CASTRO DÍAZ José y DÍAZ ARIAS María Luz, La contaminación por pilas y baterías en México, [online], México, 29 de Agosto de 2005,[consultada el 15 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.ine.gob.mx/english/index.html>

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA, Guía para la definición y clasificación de los residuos peligrosos [online], Ponencias ID 93 CNPML Res, Pel.pdf, Medellín Colombia, Septiembre de 2006, [citado el 29 de Diciembre de 2006] Avalaible from http://www.cnpml.org/html/guias_y_documentos.asp

COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS, ELECTRICISTAS Y ELECTRÓNICOS del Estado de Guanajuato, en CONTACTO [online], Abril, 2005, [citado el 1º de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://www.ruelsa.com/cime/boletin/indice.html#2007>

COPENHAGU, Frank, Aprovechamiento de baterías de hidruro metálico, [online] 2006, España, [citada el 0 de Septiembre de 2006], Avalaible from <http://www.cientificosaficionados.com/Reciclado/hidruro%20metalico.htm>.

COOL TOLL, Battery XR, [online], Estados Unidos, Abril 8 de 2005, [citado el 4 de Diciembre de 2006], Avalaible from <http://www.kk.org/cooltools/archives/000709.php>, Rayovac 3-in-1 Charger & Battery Xtender (*via Lifehacker*).

ECOCLUBES, Campaña pilas, [online], Santiago, Chile, 2003, [citado el 20 de Diciembre de 2006], avalaible from: http://www.iepe.org/ecoclubes/documents/campana_pilas_2003.pdf. Municipalidad de General Roca - Río Negro – Argentina.

ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Avalaible from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

EPA, Enforcement Alert , The Battery, [online], Act"Volume 5, Estados Unidos, Number 2 March, 2002, [citado e 14 de Mayo de 2006], Avalaible from <http://www.epa.gov/compliance/resources/newsletters/civil/enfalert/battery.pdf>.

FERRERIA, João Alberto; DOS ANJOS, Luiz Antonio. Aspectos de saúde de residuos sólidos municipais. Río de Janeiro, 1996, San Luis Potosí. 1996.

GALEON, Pilas verdes o ecológicas, Hispavista, [online], [citado el 12 de Julio de 2006], Avalaible from: <http://ecoabc2.galeon.com/enlaces1058551.html>

GUASCH FARRÁS, Juan, NTP 104: Baterías de Ni-Cd. Uso y mantenimiento, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, OIT, Organización internacional del trabajo, [online] España, 2001, Ref.5 / Aparatos y equipos eléctricos, Available from http://www.mtas.es//insht/ntp/ntp_104.htm

4to.INFORME TÉCNICO DE LA CAMPAÑA "Poné las pilas en el Taller Ecologista" [online] Europile/Eurobat Position Paper "Realized and Projected Recycling Processes for used Batteries", 1996, Rosario Argentina, [citado el 16 de Abril de 2006], Available from http://www.taller.org.ar/Ciudades_sustentables/Pilas/Informe_Pilas_IV.pdf

INDUAMBIENTAL - Planta piloto de la Unión Europea para vitrificación y devitrificación controlada de residuos industriales, [online], artículo 93, España, [citado el 30 de Noviembre de 2006] , Available from: <http://www.induambiental.cl/1615/article-93679.html>

JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace-Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

LEMKE, Astrid, Proyecto GTZ Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades de la X Región clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto GIROSOL, [online], Chile, Octubre 2004 [citado en 24 de Abril de 2006]., No. 1996.2057.6-001.00, Available from www.giresol.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=149

LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado n 13 de Enero de 2006], Available from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>

NEW GUIDANCE ON RECHARGEABLE BATTERIES, Warner Bolletín_ Nueva [online], 2006, Estados Unidos - N° 60, p 13, [citado el 10 de Octubre de 2006], Available from <http://www.rbrc.org/call2recycle/spanish/index.html#>

OJEDA, Burbano, pilas y baterías, [online], Bogotá, Colombia, Noviembre de 2001 [citada en 4 de Diciembre de 2006], Available from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsare/e/congreso/bat-col.ppt#263,1>, Diapositiva

POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS LOS DESECHOS PELIGROSOS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, Bogotá, Colombia, Diciembre de 2005.

POWER STORAGE , Almacenaje de Energía [SolarMarineLights_com] Baterías y metales, [online] 2004, Estados Unidos, [citado el 5 de Enero de 2007] Available from http://www.solarmarinelights.com/es/content/products/technology/power_storage.a.spx

QUICK-ENERGY, Cargador de pilas botón [online], Abril de 2004, Valencia, España, [citado el 20 de Diciembre de 2006], Available from <http://www.quick-energy.com/Inicio.asp?Elidioma=EN>

REVISTA_CONSUMER_ES , Fundacion Erosky, Metales pesados peligrosidad [online], No. 42, España, Marzo de 2001 [citado en 17 de Noviembre de 2005], Available from <http://revista.consumer.es/web/es/20010301/medioambiente/27009.php>

REVISTA DE LA DIRECCION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE, Europa se pone las pilas en materia de reciclaje, [online], Europa Edición 15 – Feb 2004 , [citada en 4 de Marzo de 2006], Available from http://ec.europa.eu/environment/news/efe/theme_16_es.htm

SHERWOOD Jonathan, New 'Nuclear Battery' Runs 10 Years, 10 Times More Powerful, [online], University of Rochester Press Releases, Estados Unidos, Mayo 12 de 2005, [citado el 13 de Octubre de 2006], Available from <http://www.rochester.edu/news/show.php?id=2154>

SOCLIMA, Noticias de Ahorro energético [online], Madrid, España, Enero de 2006,

[citado el 4 de Diciembre de 2006], Avalaible from http://news.solliclima.com/modules.php?name=News&new_topic=5

SOLORZANO, Gustavo, Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de PILAS Y BATERÍAS [online], CEPIS, Mexico, Noviembre de 2002, [citado en Enero 20 de 2006], Avalaible from <http://www.cepis.ops-oms.org/cdromrepi86/fulltexts/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf>.

STRUC PLAN, Baterías y pilas, [online]Argentina, Artículo 159, Enero 1 de 2000, [citado el 20 de Enero de 2006] avalaible from <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=159>

TECNOCIENCIA, Residuos especiales, [online], Cataluña, España, 2002, [citado en 15 de Marzo de 2006], Avalaible from <http://www.tecnociencia.es/especiales/residuos/7.htm#pila>.

TECNOLOGÍAS LIMPIAS, Reciclaje de Baterías de desecho – Baterías MAC S:A, [online], Cali, Valle, Agosto 2 de 2004, [citado en Febrero de 2006], Avalaible from <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/casos/Caso%20ID21.doc>

CONCLUSIONES

La contaminación que se produce por las pilas se genera cuando estas pierden su cubierta protectora de metal por corrosión y liberan diferentes tipos de metales pesados que producen efectos nocivos para el ecosistema y la salud de los seres humanos, al contaminar los suelos y aguas residuales y subterráneas con materiales no bio- disponibles y bioacumulables.

De acuerdo a la composición de las pilas que se encuentran en el mercado las que tienen características de toxicidad alta son: las alcalinas de mercurio, las de botón de óxidos de mercurio y plata, las de Níquel – cadmio, las recargables de litio y Níquel y las pilas y baterías de celulares, computadoras y otros aparatos electrónicos que contienen además de los elementos mencionados, retardantes de fuego bromado. Estas pilas se pueden reemplazar por pilas secas sin mercurio y por las desechables y recargables de Zn-aire.

Para que el reciclado o tratamiento de las pilas sea exitoso, se requiere que todas sean de fácil identificación a través de impresiones y publicidad, debe existir un sistema simple de red recogida y el consumidor debe aceptar su colaboración con la recolección motivado por el beneficio social. Estas deberán separarse de la siguiente forma: baterías de plomo (industriales, arrancadores, micropilas, baterías de automóviles), baterías de níquel/cadmio (grandes pilas abiertas, pilas cilíndricas selladas desechables y recargables pilas botón) y pilas de botón primarias con ánodo de Zinc (Zn/HgO , Zn/Ag_2O , Zn/MnO_2 , Zn/O_2). Si no se cuenta con estas condiciones, el su tratamiento y eliminación no es rentable para las empresas privadas.

El reciclaje de baterías de plomo, pilas botón de zinc-óxido de plata es viable, porque sus subproductos se pueden emplear como chatarra selectiva en procesos metalúrgicos para la producción de acero y por reducción carbo-térmica son recobrados los metales contenidos los cuales son de venta directa. En el reciclaje de las pilas Ni- Cd, se recuperan los metales primarios, pero su viabilidad económica es incierta por los variables precios de estos metales.

El reciclaje de las pilas botón primarias (no recargables), excepto las zinc-óxido de plata, pilas comunes y alcalinas no es viable porque requieren un elevado

consumo de energía y los tratamientos posteriores para recobrar el resto de componentes exigen una elevada inversión económica no siempre recuperable.

Todo el proceso de reciclaje, requiere un elevado consumo de energía y los tratamientos posteriores para recobrar el resto de componentes exigen una elevada inversión económica no siempre recuperable. Los costos y el peso medio ambiental; a nivel del sistema de recolección y de transporte son superiores a las repercusiones positivas obtenidas por el reciclaje.

Los procesos de reciclado de residuos tóxicos, son en si mismos procesos contaminantes, que si bien recuperan componentes que pueden ser reutilizados, evitando así más extracciones de la naturaleza, generan residuos, consumen grandes cantidades de energía y lo más importante es que afectan la salud de los trabajadores.

Las pilas de última tecnología de Ni hidruro metálico, son ampliamente recicladas en los países desarrollados. No se conoce el método de reciclaje de las baterías de litio, pero su composición hace que no sea tan contaminantes.

Otra alternativa para el tratamiento de pilas son los métodos de confinamiento por relleno de seguridad que previamente requieren técnicas adicionales como el encapsulamiento, la estabilización o ceramización, en estos procesos se utilizan aditivos para reducir la naturaleza peligrosa de un residuo, transformando el residuo y sus constituyentes peligrosos en un bloque, sus objetivos son minimizar la velocidad de migración de los contaminantes al medio ambiente y reducir el nivel de toxicidad.

Las pilas se pueden destruir por incineración, este proceso las convierten en ceniza inerte, pero esta alternativa es posible si las plantas de incineración cuentan con las técnicas de tratamiento de emisiones y residuos de lavados necesarias para los compuestos más como el cadmio, mercurio y zinc, lo cual generalmente produce muy altos costos.

La exportación es una alternativa funcional si es de países que no poseen tecnologías de reciclaje a otro que si. Son innumerables los casos en que las pilas

usadas forman parte de los desechos tóxicos que algunos países deciden exportar a otros que poseen menores exigencias ambientales. De esta manera disminuyen los costos y peligros del tratamiento o reciclaje de elementos peligrosos y muy tóxicos. Adicionalmente la baja capacidad técnica y de infraestructura de las autoridades aduaneras no permiten controlar los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos.

Se están iniciando investigaciones con el fin de reemplazar los electrolitos líquidos de las baterías por electrolitos sólidos menos contaminantes, pero estas aun están en etapa de validez.

Durante los últimos 20 años el consumo de pilas se ha triplicado en el mundo, en Colombia se calcula que el consumo promedio de pilas por habitante es de 7 pilas al año, que equivalen a un peso aproximado de 400 gramos, sin considerar las que vienen incluidas en los aparatos nuevos. Estas cifras pueden duplicarse en tres años, debido a una gran oferta de mercancías ilegales de bajo precio, al incremento de la telefonía celular y aparatos tecnológicos portables.

En Colombia la información disponible sobre residuos peligrosos tanto a nivel público como privado, está dispersa, no sistematizada y poca es de cubrimiento nacional; esto dificulta el establecimiento de un diagnóstico preciso que abarque todos los temas relacionados con el tratamiento y disposición final.

En Colombia la problemática del manejo de los residuos peligrosos reside en que no existe un sistema de manejo separado y por lo general la disposición final se realiza con los residuos no peligrosos, hay pocas empresas autorizadas que brindan servicios para la caracterización y manejo de residuos peligrosos.

Colombia, tiene un marco legal para el control, pero carece de la infraestructura física y los recursos humanos necesarios para aplicarlo a nivel nacional. Adicionalmente la implementación de métodos de clasificación de un residuos como peligroso ha sido lenta debido a la poca demanda por parte del mercado, ya que, a pesar de existir la obligación legal en cabeza del generador de realizar la caracterización, ésta en la práctica no se efectúa. Por esta razón las pilas en desuso no se han considerado todavía como un desecho peligroso, por tanto las responsabilidades de los generadores no son exigidas de acuerdo al Decreto 4741 de 2005.

La normatividad colombiana toca desde diferentes ámbitos los aspectos de clasificación, recolección, transporte, tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, pero únicamente la Política ambiental para la gestión integral de residuos los desechos peligrosos, incentiva las prácticas de minimización de la generación, la de valorización de los Residuos peligrosos y establece condiciones facilitadoras a quienes muestren interés de invertir en instalaciones de tratamiento y disposición final.

El Proyecto de Ley 37 de 2006 tiene como objeto prohibir la introducción o importación de residuos y desechos peligrosos en cualquier forma al territorio nacional, consagrar lineamientos para la gestión integral de los residuos peligrosos generados en el país y definir la infraestructura de la que deben estar dotadas las autoridades aduaneras para ejercer control, este proyecto justifica que no tenemos los medios para tratar nuestros propios residuos, por lo tanto no podemos tratar otros provenientes del exterior.

La normatividad solo sería armonizada para las pilas y baterías si estas son consideradas oficialmente como residuos peligroso, de ser así se podrían definir más claramente los lineamientos de segregación, manipulación, transporte y disposición.

Actualmente la práctica de aprovechamiento y valorización de residuos peligrosos en Colombia está en desarrollo, en términos económicos, la valoración se puede clasificar en dos categorías: los que su reciclado es rentable (residuos rentables como el aluminio, el cartón, etc.) y los que hay que pagar para que sean dispuestos o reciclados de forma segura, infortunadamente las mayoría de las pilas se ubican en la segunda.

El costo de mandar reciclar las pilas en países que cuentan con esta tecnología es 5 veces mas costoso que mandarlas confinar. Lo más recomendable sería disminuir el consumo de pilas y baterías a través de un mayor uso de baterías recargables con su respectivo manejo adecuado, así como la sustitución de tecnologías como la energía solar, energía mecánica (cuerda) y disponer de forma segura de los actuales volúmenes generados de pilas desechables.

Reducir el contenido de metales pesados de las pilas y acumuladores, es una opción muy conveniente para Colombia en principio, esta actuación debería realizarse a nivel nacional mediante el fomento de acuerdos voluntarios con fabricantes e importadores de pilas, ya que es preferible continuar con la disposición de pilas que contengan cada vez menos proporciones de elementos tóxicos y de esa manera se evita caer en el uso de técnicas que trasladan los costos en su disposición final.

Es necesario por lo volúmenes de residuos de pilas generados en nuestro país, iniciar la recogida selectiva de pilas y acumuladores usados, motivados por una normatividad clara que incluya recolección, selección o reagrupación bajo la responsabilidad del generador y de entidades privadas. Es importante establecer medidas para que se marquen adecuadamente las pilas y baterías, con el fin de que los consumidores estemos informados, y para que se recojan por separado con el objetivo de favorecer el reciclado.

El inicio de cualquier tratamiento es el sistema de recogida, este debe normalizarse y cuantificarse con metas ambientales, posteriormente de acuerdo al volumen se establecerá la conveniencia de disponerlas de manera segura para el ambiente, reciclarlas con el fin comercial o exportarlas con el objeto de remitirlas a países que tienen tecnologías capaces de resolver el problema derivado de la toxicidad de las pilas.

Como una alternativa económica se pueden promover proyectos de minimización de generación de Residuos peligrosos, la creación de infraestructura para el manejo ambiental adecuado de los residuos peligrosos y fomentar la comercialización de pilas y acumuladores que contengan menos cantidad de materias primas peligrosas y contaminantes, mediante la aplicación de los beneficios tributarios.

Es necesario establecer un contacto más estrecho con las autoridades aduaneras de comercio y ambientales con el fin de diseñar y aplicar estrategias para disminuir el comercio ilegal de pilas.

La prevención de generar pilas en desuso se puede motivar informando a los consumidores sobre los peligros que conlleva la eliminación incontrolada de las pilas y acumuladores usados, su tratamiento final como residuo peligroso y sobre el mercado las mismas a través de campañas publicitarias patrocinadas por los generadores y el gobierno.

Actualmente existe desconocimiento por parte de los consumidores en relación con el riesgo que conlleva un manejo inadecuado de los residuos peligrosos, esto obedece a una cultura basada en la tendencia a consumir el producto más económico, sin importar su calidad ni su gestión post-consumo.

Se puede reducir al mínimo el consumo de pilas en general concienzando a los usuarios que son productos, además de contaminantes, deficientes energéticamente, se gasta más al fabricarlas que lo que entregan en su vida útil.

Como usuarios podemos colaborar de la siguiente manera: adquiriendo productos que no son de uso exclusivo con pilas, comprando las verdes o recargables, sin arrojar la pila con la basura domiciliaria si no se cuenta en la ciudad con relleno sanitario y no adquiriendo pilas de contrabando porque se presume que pueden tener la misma cantidad de metales.

Anexo A. Gestión de tratamiento de pilas en otros países

Tabla. Consumo de pilas en otros países

País	Año	Pilas por persona	Referencia
Chile	2001	7	http://www.iepe.org/ecoclubes/pages/noticia1.htm
Argentina	1990	10	http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html
EUA	1998	11	http://www.epa.gov/epr/products/batteries.html
	2003	11.5	http://www.informinc.org/fact_CWPbattery.php
España	2003	10	http://www.vidasostenible.com/paginas/Canales/PaisajeToxicosRuidos/
Ecuador	2001	10.6	http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf
Japón	2000	24	http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm
Filipinas	2000	5	http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm
Sri Lanka	2000	5	http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm
India	2000	2	http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

1. UNIÓN EUROPEA

En el mercado de la UE se comercializan cada año (aproximadamente):

- 800.000 toneladas de baterías de automóviles (coches y vehículos)

- 190.000 toneladas de baterías industriales.
- 160.000 toneladas de pilas de uso doméstico.

La UE produce anualmente más de un millón de toneladas de pilas, y muchas de ellas contienen sustancias químicas peligrosas como el plomo y el cadmio. A pesar de todo, en 2002, el 45% de las pilas de uso doméstico vendidas a los consumidores acabaron en la cadena de residuos, en plantas incineradoras o en vertederos. Tan sólo fue posible recuperar el 17% después de su uso. Al quemarlas, las sustancias que liberan contribuyen a la contaminación atmosférica y dejan restos nocivos en los residuos de la incineración. Si se arrojan en vertederos, estas sustancias químicas pueden filtrarse y contaminar el medio ambiente local.

De acuerdo a lo anterior en noviembre de 2003 la Comisión Europea propuso nuevas normas concebidas para garantizar la recuperación y el reciclaje de casi el 100% de las pilas usadas, en un intento por prevenir los problemas medioambientales y de salud que podrían causar. Una nueva estrategia de la Comisión consistirá en crear un sistema de ciclo cerrado para todas las pilas, de modo que los Estados Miembros de la UE tendrán que evitar incinerar las pilas usadas o deshacerse de ellas en vertederos, y lograr un alto nivel de recuperación y reciclaje. La propuesta de directiva, que deberán acordar los Estados Miembros y el Parlamento Europeo, prohíbe tanto la eliminación en vertederos como la incineración de las baterías de vehículos o de uso industrial - que representan algo más de un millón de toneladas - y exige la creación de sistemas de recuperación eficaces para todas las pilas de uso doméstico. De este modo, también se facilitará la recuperación y reutilización de los metales valiosos que contienen, como el plomo, el níquel, el cobalto y la plata.

Sin embargo, existen diferencias significativas entre los países de la UE. Varios Estados Miembros ya cuentan con un excelente historial en materia de recogida y reciclaje de pilas. Los ciudadanos belgas son los europeos más concienciados, pues lograron recoger para su reciclaje 230 g de pilas por persona en 2002, en comparación con los 2 g por persona del Reino Unido. La Comisión desea que los 15 Estados Miembros actuales y los 10 futuros introduzcan sistemas de recogida y reciclaje de fácil uso.

La propuesta de directiva fija en 160 g al año el objetivo previsto de recogida de pilas de uso doméstico que se han de recuperar por persona, lo que equivaldría a entre 4 y 5 pilas por persona al año.

Existe una preocupación especial en cuanto al cadmio (se ha definido a las pilas de cadmio como un residuo peligroso), se ha fijado un objetivo adicional de

recuperación del 80% para todas las pilas de níquel-cadmio producidas cada año, a fin de garantizar que no acaban en el conjunto de los residuos. Los Estados Miembros deberán supervisar cuántas pilas de níquel-cadmio entran en sus sistemas de residuos urbanos, y asegurarse del funcionamiento en la práctica de los sistemas de ciclo cerrado.

Sobre todo, la Comisión tiene la intención de que la totalidad de las baterías de vehículos e industriales recuperadas y al menos el 90% de las pilas de uso doméstico recuperadas se envíen a plantas de reciclaje. Como máximo, todavía podría acabar en los vertederos el 10% de las pilas de uso doméstico recuperadas; principalmente aquellas que han resultado dañadas durante el proceso de recogida y que técnicamente ya no se pueden reciclar.

En mayo de 2006 la normativa de la Unión Europea señala que los países deberán haber adaptado a sus legislaciones nacionales de aquí al 2008, pretende evitar el vertido y la incineración de las pilas usadas, que pueden causar graves daños ambientales y de salud debido a las sustancias tóxicas que contienen.

El acuerdo establece como objetivo el reciclado de la mitad de las pilas usadas que no contengan cadmio o plomo, que eleva al 75 por ciento para las que contengan cadmio y al 65 por ciento si tienen plomo en su interior.

Además, fija como objetivo mínimo de aquí al 2012, la recogida del 25 por ciento de las pilas y acumuladores usados en la UE, y del 45 por ciento en 2016.

La directiva obligará a los fabricantes a responsabilizarse de los gastos de la recogida y reciclado, aunque prevé la posibilidad de hacer excepciones en el caso de pequeñas empresas.

Otra de sus particularidades es que obliga a indicar en una etiqueta la capacidad de la pila, para mejorar la información al consumidor y de crear lugares de recogida en todos los barrios de las ciudades para 2008.

La normativa prohíbe la venta de pilas y acumuladores que contengan más de 0.0005 por ciento de mercurio y 0.002 por ciento de cadmio, excepto en sistemas de emergencia y alarma, equipos

1.1. Alemania

En Alemania se vendieron cerca de 800 millones de pilas, que en total contenían 4.400 toneladas de zinc, 430 de níquel y otras tantas de cadmio, 13 toneladas de mercurio y 10 de plata. En total se vendieron 300 millones de pilas más que en 1990. De acuerdo con una reciente publicación de la asociación de consumidores

Verbraucher-Zentrale Niedersachsen eV, en 1991 más del 99% de las pilas acabaron en la basura.

Un experimento llevado a cabo por la Universidad de Dortmund, por encargo del Ministerio Alemán de Medio Ambiente, muestra que mientras que la industria ha puesto de su parte, reduciendo los componentes peligrosos de las pilas, los comerciantes minoristas, y el público en general se han mostrado menos colaboradores. Según el estudio, en 1991, sólo se utilizaron 1,3 toneladas de mercurio en la fabricación de pilas alcalinas, en contraste con las 45 toneladas utilizadas seis años antes. En las pilas de zinc-carbono, la reducción del mercurio empleado en el mismo periodo fue de 11 toneladas a 150 kg. No obstante, tan solo el 22% de las pilas de níquel-cadmio y el 41% de las de óxido de mercurio fue retornado por los consumidores, debido a la resistencia de los minoristas a aceptarlas, y a la de los consumidores a entregarlas. La investigación de Dortmund no fue totalmente positiva para los fabricantes, al identificar discrepancias en las cifras de devolución ofrecidas por las asociaciones de fabricantes y minoristas.

En el estado de Sajonia-Anhalt, de la antigua Alemania del Este, se planeó la creación de una planta de recuperación de pilas que emplea tecnología BRC Batterie recycling Schönebeck GmbH. Se esperaba que pudiera procesar 7.000 pilas al año, y fué la primera de su clase en Alemania cuando entró en funcionamiento a finales de 1995.

1.2. Bélgica

En Bélgica, los fabricantes de pilas se comprometieron a recoger las pilas usadas desde el 1 de julio de 1995. Para poder conseguirlo, instalaron 10.000 contenedores en todo el país para depositarlas.

1.3. Suecia

Suecia comenzó una campaña nacional para recuperarC de mercurio en 1986, con el objetivo de reducir las emisiones de mercurio de las plantas incineradoras de residuos. La acción fue emprendida debido a que cientos de lagos están contaminados por mercurio a causa de las pilas Una compañía estatal instaló una planta diseñada para recuperar el mercurio de las pilas, con una capacidad de absorber 3000 toneladas de pilas por año.

1.4. Holanda

En 1990, TNO, un organismo de investigación holandés, recibía las pilas recolectadas en la ciudad de Sheffield, y simplemente las guardaba, hasta la

puesta en marcha de una planta piloto de reciclado que Holanda estaba construyendo. Algunas muestras se enviaban al laboratorio del departamento de Trade & Industry para someterlas análisis químicos y estadísticos.

La empresa Vidor fue felicitada por su honestidad al admitir que no existe una pila amiga del medio

ambiente, y en su compromiso de iniciar un proyecto de investigación en tal sentido. Barry Wells, Director de Marketing y Ventas de pilas Vidor advirtió: "No hay una respuesta instantánea y definitiva para este o cualquier otro problema medioambiental".

1.5. Suiza

En Suiza, las pilas usadas se consideran por ley residuos peligrosos y esta prohibido enterrarlas en los rellenos sanitarios desde 1985. En 1992 comenzó a funcionar una planta que recupera mercurio, cinc y ferromanganeso, usando un proceso desarrollado por una industria japonesa. Se espera que trabaje con toda su capacidad para 1993, procesando 2000 ton de pilas por año, siendo el consumo suizo de 3.500 ton por año. Genera un 5 % de producto residual, que es una escoria vidriosa y dura. El gobierno a adoptado medidas para favorecer el uso de pilas recargables, con un descuento del 10 % para aparatos con ellas. Una etiqueta con el símbolo ISO alerta al usuario sobre la peligrosidad de algunos modelos, recordando que, una vez usados, se han de devolver al punto de venta. El precio de cada pila vendida en Suiza incluye una tasa de entre 5 y 50 Rappen, para cubrir los costes de tratamiento y eliminación. Suiza es uno de los pocos países que tiene una planta de reciclaje de pilas.

1.6. Austria

La ley austríaca prohíbe la deposición de las pilas junto con la basura común, desde enero de 1991, adicionalmente niega la disposición de baterías de Ni-Cd en rellenos sanitarios, sin embargo no hay legislación para la recolección. Aún así, la AMTA (The Australia Mobile Telecommunications) lleva a cabo un programa que en un periodo de seis meses recolectó 100.000 baterías gastadas.

Se proyecta construir una planta de reciclado de pilas, usando un proceso piro-metalúrgico desarrollado por Voest. Además de las pilas botón, los austríacos consumen un 50 % de alcalinas, 40 % de cinc y 10 % de Niquel-Cadmio.

Más de dos millones de hogares austríacos han recibido por correo una bolsa para pilas gastadas. Los minoristas que venden pilas forman parte del sistema de recogida, en el que participan 5.600 tiendas. En Austria se recoge cerca del 60% de las pilas usadas, el mayor porcentaje de recuperación de toda Europa, pero no existe ninguna instalación de reciclaje en el país, por lo que se depositan en vertederos de seguridad de la antigua Alemania del Este.

1.7. España

En este país se venden unos 10 millones de pilas botón al año, y sólo en la comunidad de Madrid se tiran más de 250.000 pilas botón a la basura. Por lo tanto, su reciclaje es más que conveniente.

A través del Decreto 93/1999, de 10 junio de protección del medio ambiente. Gestión de pilas y acumuladores usados el Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y acumuladores usados que contengan determinadas materias peligrosas, establece que las Comunidades Autónomas deben elaborar programas de gestión de tales residuos con objeto de alcanzar los objetivos de reducir el contenido de metales pesados de estos elementos, eliminarlos de forma diferenciada, fomentar la comercialización de pilas con menor cantidad de materias peligrosas y promover la investigación

La gestión de las pilas y acumuladores usados está regulada por el Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se establecen las medidas y criterios necesarios para la correcta gestión de estos residuos. Este Real Decreto obliga a las Comunidades Autónomas a elaborar programas de gestión de las pilas y acumuladores usados.

Tabla 29 Resumen de la Normativa relativa a las pilas en España

Fecha	Rango	Número disposición	Organismo emisor	Título
24/04/97	LEY	11/97	.	LEY 11/1997 de 24 de abril reguladora de envases y residuos de envases
21/04/98	LEY	10/1998	.	LEY 10/1998 de 21 de abril de residuos
20/07/88	REAL DECRETO	833/1988	.	REAL DECRETO 833/1988 de 20 julio por el que se aprueba el reglamento de ejecución de residuos tóxicos y peligrosos.

Fecha	Rango	Número disposición	Organismo emisor	Título
19/01/96	REAL DECRETO	45/96	Ministros de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente	REAL DECRETO sobre pilas y acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas.
30/12/93	ORDEN	.	MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA	ORDEN de 30 de diciembre de 1993 del Ministerio de la Presidencia, por la que se transpone el artículo 3 de las Directivas 91/157/CEE, relativo a la prohibición de la comercialización de pilas alcalinas de manganeso.
25/10/00	ORDEN	.	MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA	ORDEN de 25 de octubre de 2000 por la que se modifican el anejo 1 del Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas, y el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.

Fecha	Rango	Número disposición	Organismo emisor	Título
27/11/99	PROGRAMA NACIONAL	.	.	PROGRAMA NACIONAL de Pilas y Baterías Usadas (B.O.E. número 284, de 27 de noviembre de 1999)
<i>NORMATIVA COMUNITARIA RELATIVA A PILAS</i>				
Fecha	Rango	Número disposición	Organismo emisor	Título
18/03/91	DIRECTIVA	91/156	CONSEJO	DIRECTIVA 91/156/CEE del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos
18/03/91	DIRECTIVA	91/157/CEE	CONSEJO	DIRECTIVA 91/157/CEE del Consejo, de 18 de marzo de 1991, relativa a las pilas y a los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas
12/12/91	DIRECTIVA	91/689/CEE	CONSEJO	DIRECTIVA 91/689/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos
04/10/93	DIRECTIVA	93/86/CEE	COMISIÓN	DIRECTIVA 93/86/CEE de la Comisión de 4 de octubre de 1993 DIRECTIVA 91/157/CEE

Fecha	Rango	Número disposición	Organismo emisor	Título
20/12/93	DECISIÓN	94/3/CE	COMISIÓN	DECISIÓN 94/3/CE de la Comisión, de 20 de diciembre de 1993, por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos
22/12/98	DIRECTIVA	98/101/CE	COMISIÓN	DIRECTIVA 98/101/CE de la Comisión de 22 de diciembre de 1998 por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 91/157/CEE del Consejo relativa a las pilas y a los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas (Texto pertinente a los fines del EEE)
NORMATIVA AUTONÓMICA RELATIVA A PILAS:				
Fecha	Rango	Número disposición	Organismo emisor	Título
26/10/99	DECRETO (ANDALUCÍA)	218/1999	ANDALUCÍA	DECRETO (ANDALUCÍA) 218/1999, de 26 de octubre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos de Andalucía.

29/01/99	LEY (CANARIAS)	17/1999	CANARIAS	LEY (CANARIAS) 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias (B.O.C. nº 16, de 5 de febrero de 1999). .
09/11/00	LEY (CANARIAS)	5/2000	CANARIAS	LEY 5/2000, de 9 de noviembre, por la que se derogan los artículos 34 y 35 de la Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias. (BOC nº152 de 20 de Noviembre de 2000) .
15/07/93	LEY (CATALUÑA)	6/93	GENERALITAT DE CATALUÑA	LEY (CATALUÑA) 6/93 de 15 de julio de residuos .
06/04/99	DECRETO (CATALUÑA)	92/99	.	DECRETO (CATALUÑA) 92/99 de 6 de abril por el que se regula el Catálogo de Residuos de Cataluña.
09/01/96	DECRETO (CATALUÑA)	34/96	.	DECRETO (CATALUÑA) 34/96 de 9 de enero por el que se aprueba el Catálogo de residuos
10/06/99	DECRETO (MADRID)	93/99	COMUNIDAD DE MADRID	DECRETO (MADRID) de la Comunidad de Madrid 93/99, de 10 de junio sobre gestión de pilas y acumuladores usados. .
.	LEY (VALENCIA)	10/2000	GENERALITAT DE VALENCIA	LEY (VALENCIA) 10/2000 de Residuos

Fuente: ECOPILAS, Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas, [online], 2003, España, [citada en Mayo 2 de 2006], Available from <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>

2. NORTEAMÉRICA

Se recopilaron los siguientes datos sobre consumos en este país:

- Aproximadamente 50% de las 1800 toneladas de cadmio que ingresaron en la corriente de basura en 1986, provenían de baterías.
- En 1983, 753 toneladas de mercurio se utilizaron para producir baterías domésticas.
- En 1989, los fabricantes de baterías utilizaron 130 toneladas de mercurio, 80% menos que seis años antes.
- Más de 4.6 millones de toneladas de basura electrónica terminaron en el 2000 en
- confinamientos de este país.
- El origen del 35% de la contaminación por mercurio es la incineración de baterías en la basura doméstica.
- En Estados Unidos se consumen alrededor de 3 billones de baterías secas para radios, juguetes, relojes, computadoras y herramientas cada año.

Aunque la Agencia de Protección ambiental EPA no clasifica las pilas domésticas como residuos peligrosos, Minnesota y Connecticut han aprobado una legislación que obliga a la reducción del contenido de mercurio en las pilas alcalinas y a que los fabricantes inicien programas de recuperación. Nueva Jersey ha considerado una legislación que obligaría a aceptar la devolución de pilas de los comerciantes o de los programas municipales de recogida. La ley californiana prohíbe la evacuación de los residuos domésticos a los vertederos, pero por lo general no se conocen y no se imponen las normativas sobre pilas, y el único mecanismo oficial de recuperación es a través de recogidas periódicas de residuos peligrosos por parte de los condados y municipios. El objetivo principal de las agencias públicas no es reciclar las pilas, sino evacuarlas con seguridad.

Existen programas de la recolección de baterías en: New Hampshire, Vermont, Nueva York, Missouri, Washington, Minnesota.

En Estados Unidos, las baterías recogidas se envían a instalaciones de reciclaje donde se recuperan los materiales valiosos y se separan los tóxicos.

Mediante una nueva tecnología desarrollada por Ever Ready Batteries será posible recuperar el zinc y manganeso de las pilas domésticas -casi la mitad de su

contenido- así como su revestimiento de acero. Al utilizarse una solución reactiva para hacer solubles los componentes metálicos de las pilas, no es necesario clasificarlas. El proceso no produce residuos, se lleva a cabo a bajas temperaturas, utiliza poca energía y es posible reciclar la solución reactiva.

Existe un programa nacional de recolección de baterías, el cual trabaja de la mano del gobierno, la industria y el público en general recogiendo baterías no sólo de aparatos electrónicos, sino las industriales. Al año son llevadas a una planta ubicada en Pennsylvania, alrededor de 300 toneladas de batería tanto nacionales, como las provenientes de otros países.

3. EXPERIENCIAS EN OTROS PAÍSES LATINOAMERICANOS

La Red Panamericana de Manejo ambiental de Residuos (Repamar) realizó un estudio analizando las experiencias de los países Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México con el tema pilas.

3.1. Argentina

Según el estudio, Argentina es el único país de la región que cuenta con una planta formal, a escala comercial para el tratamiento y/o reciclaje de pilas. Esta empresa, IDM (ingeniería de Montajes), se encuentra en San Lorenzo, provincia de Santa Fe, habilitada para el reciclaje de pilas níquel metal hídrico (níquel hidruro de metal), níquel-cadmio y otros tipos de pilas. Las pilas se someten a un proceso de termo-destrucción en hornos rotativos a 1100°C. Las cenizas resultantes son vitrificadas. El níquel y el cadmio se recuperan a través de fusión y destilación. Sin embargo según el estudio su operación no es rentable.

Las baterías recicladas, por reemplazo del pack de pilas, se venden sin marca. El pack agotado se somete a un proceso de termo-destrucción en hornos rotativos a 1100°C durante 2,5 segundos en cámara de post-combustión, siendo las cenizas resultantes vitrificadas. Se recuperan cadmio y níquel a través del proceso de fusión y destilación. La cantidad recuperada el año pasado fue 10.000 kg de Ni-Fe y 200 kg de Cd. El problema a solucionar es el impedimento para trasladar las baterías agotadas desde los puntos de recolección hasta la planta IDM. Por tratarse de residuos peligrosos deben contar con transportistas especializados y una habilitación para trasladarse por las provincias que se encuentren en su paso. No todas ellas se han adherido a la legislación nacional y algunas tienen su propia ley ambiental.

También existen dos proyectos de investigación tratando el tratamiento de pilas. La Universidad de San Martín se dedica al reciclaje de pilas mediante bacterias

que se alimentan de azufre, cuyo uso ya es conocido en la metalurgia del cobre y del oro. Las bacterias transforman el azufre en ácido sulfúrico y otros productos denominados polotionatos. Las pilas alcalinas se sumergen simplemente en ese caldo de ácido que las disuelve por completo. Los metales se pueden luego aislar y recuperar por medio de electrólisis.

El Instituto Balceiro (Centro Atómico Bariloche) desarrolló un método que consiste básicamente en vitrificar las pilas para inmovilizarlas, utilizando vidrio de descarte y formando un bloque monolítico, de fácil manejo e inmune a agentes externos. En el estudio se utilizaron pilas carbón zinc.

En la facultad de Ciencias Exactas, Centro de Investigación y Desarrollo de Fermentaciones Industriales, de la Universidad Nacional de La Plata, se han iniciado estudios para el tratamiento de residuos sólidos con metales. El proceso en etapa experimental, considerado por los investigadores como económico y de bajo nivel contaminante, consiste primero en una disolución por recirculado sobre el triturado de baterías de celulares de un medio bacteriano (Cepa de Thiobacillus ferrooxidans: DSM11477, inmovilizada sobre azufre elemental y que además actúa como fuente de energía) y posterior separación- recuperación de los iones metálicos lixiviados. Con un ciclo de 9 recirculados se recuperó el 100% de Cd, el 95% de Fe, y el 96,5% de Ni.

Seis ciudades recolectan las pilas y llegan a un tratamiento de las mismas. Tres de estas, optan como tratamiento usar la cementización y deposición en rellenos de seguridad. Una cuarta opta también por la cementización y prueba la vitrificación en etapa experimental no mencionando donde serán dispuestas finalmente. Los restantes dos proyectos aíslan las pilas con materiales especiales, no se especifica cuales, para la fabricación de ladrillos en la construcción de viviendas económicas.

Particularmente en los municipios de la ciudad de Mendoza y de General Roca (Río Negro), han puesto en marcha un sistema de tratamiento específico de las pilas. La municipalidad de Mendoza ha desarrollado un programa de disposición final de las pilas y micropilas, que cumple dos finalidades ecológicas: la reutilización de los elementos y poder evitar una contaminación futura. Para cumplir con estos objetivos se hace la recolección de las pilas y micropilas en bolsas de polietileno, a las cuales se les agrega un agente químico estabilizador, que elimina por medio de una reacción las características peligrosas de los componentes de cualquier tipos de pilas.

Estudios realizados por el Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental de la Argentina encontraron tres agentes estabilizadores que neutralizan los efectos tóxicos del plomo, mercurio y cadmio, principales componentes contaminantes: para el plomo y el mercurio, el agente estabilización es el sulfuro de sodio, que

reacciona y da como producto sulfuro de plomo y sulfuro de mercurio respectivamente para el ácido sulfúrico el agente es el hidróxido de sodio , y lo lleva a sulfato de sodio para el cadmio, el agente es el carbonato de sodio, y reacciona dando carbonato de cadmio. Colocados los estabilizadores en partes iguales de sulfuro de sodio, hidróxido de sodio y carbonato de sodio, se inhibe el efecto tóxico de estos elementos, sin necesidad de hacer una clasificación previa, que a veces es dificultoso por el deterioro de su cubierta y peligroso su manipuleo. Las bolsas termo selladas son depositadas en un molde para fabricación de bloques ínter trabados, para la realización de pisos en espacios al aire libre, como caminos, plazas y paseos o para la obtención de pavimentos articulados en playas o calles.

El proceso asegura por un lado el sellado de los elementos y evita su posible filtración y contaminación, y por el otro presta un servicio de utilidad a la sociedad. Con respecto a la municipalidad de General Roca (Río Negro), realiza lo mismo que la anterior en lo referido a la recolección y tratamiento con agentes estabilizantes. La diferencia es que no reutiliza los elementos y las bolsas termo-selladas son colocadas directamente en un repositorio especialmente acondicionado, que limita totalmente la posible migración de contaminantes, y elimina la exposición a la lixiviación.

- Contrapiso de pendiente
- Terreno natural compacto.
- Hormigón de limpieza
- Polietileno de 200 micrones
- Pared de hormigón armado
- Membrana de polietileno de alta densidad.
- Bolsas con pilas estabilizadas en masa de hormigón

El resto de las pilas recorre diversos caminos: la incineradora, que libera a la atmósfera parte de los venenos que contienen las pilas; o la otra posibilidad, el vertedero.

Figura 15 Planta de tratamiento de IDM



Fuente: LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado el 13 de Enero de 2006], Available from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>.

La planta de tratamiento IDM (Ingeniería de Montajes) se encuentra instalada desde el año 1991 en la localidad de San Lorenzo, sobre Ruta 10 s/n , provincia de Santa Fe (Argentina).

En 1993 la planta contaba con dos hornos incineradores de líquidos con tren de lavado de humos, de acuerdo con las exigencias de la ley de protección ambiental nacional promulgada en el año 1992. En 1997 al inaugurar la línea de tratamiento para diluyentes y thinner cierra otra etapa referente al reciclado y reutilización de materias primas. Sus efluentes y emisiones están controlados por diversas autoridades ambientales y cuenta con certificación y control de calidad de organismos nacionales e internacionales.

La planta actual está dividida en tres áreas productivas:

1. Área destilería, con operaciones batch
2. Área de incineración, vitrificación, y recuperación de metales
3. Áreas de elaboración de thinners y diluyentes especiales

Para el tratamiento por incineración de residuos líquidos y sólidos se emplea oxígeno puro (tecnología desarrollada en Alemania por AGA AB) instalada en el

año 1996 en cooperación con la consultora Latin American Center. Los subproductos de las destilaciones (cabezas y colas) fueron los primeros en incinerarse. Luego se agregaron agua de lavado de tanques, mezclas acuosas con solventes que no justifican su recuperación, y otros. Los residuos sólidos antes de cargarlos al horno son clasificados y en algunos casos fraccionados en bolsas de 10/15 kg. para su mejor manipuleo. Los residuos peligrosos como las cenizas de Plantas de Incineración, barros de tratamiento de industrias metalúrgicas, etc. son vitrificadas mediante la fusión de Sílice, Carbonato de Sodio, Oxido de Calcio y fundentes, combinados con óxidos metálicos de B, Li, Pb, Mg, Ba, etc. El material fundido de color oscuro brillante es enfriado rápidamente o lentamente, de acuerdo a la demanda del producto final para su reutilización (por ejemplo como material de carga en pisos y contrapisos).

Figura 16 Salida del horno del material vitrificado planta IDM



Fuente: LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado el 13 de Enero de 2006], Available from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>.

El material vitrificado posee baja conductividad eléctrica y térmica, es relativamente impermeable a los gases y es inerte a prácticamente todos los agentes químicos (excepto ácido fluorhídrico, fluosilícico y soluciones fuertemente alcalinas en caliente). Además no es combustible ni tóxico.

Para el desarrollo de la vitrificación la temperatura del horno debe ser superior a los 1200 °C. Primero se carga la mezcla vitrificante y fundente, luego se funde, junto con las cenizas incorporadas y que pasan a formar parte de su estructura química, para finalmente ser descargadas en moldes y enfriadas. Muestras el material vitrificado fueron sometidas a ensayos de lixiviado analizándose en el mismo el contenido de metales contaminantes. Cabe destacar, como referencia, que este proceso es el mismo que actualmente realiza IGTE / AGA en Alemania, otras de la Unión Europea y de los EUA.

Figura 17 Procedimiento para la colada metálica (Lingotera) planta IDM



Fuente: LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado el 13 de Enero de 2006], Available from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>.

Si bien en la Argentina no existe una legislación específica que regule el manejo de pilas y baterías desechadas, tal como ocurre en la Unión Europea, estos

elementos a los efectos de su tratamiento son considerados residuos peligrosos y por ende se encuentran comprendidos por la legislación vigente (Decreto 831/93 de la Ley 24.051). Los volcamientos de la Empresa son monitoreados por la Subsecretaría de Medio Ambiente y Ecología de la provincia de Santa Fe, Área Control de Vertimiento de Líquidos Residuales, adherida a la Ley nacional, quienes tienen poder de policía sobre volcamientos en cursos de agua. Hasta la fecha no se ha constatado ningún tipo de reclamo.

La planta IDM cuenta con el siguiente equipamiento y capacidad operativa: Cinco columnas de rectificación y destilación de acero inoxidable (una para destilación al vacío) con una capacidad productiva de 1.500.000 l/mes, dos hornos rotativos para la termo-destrucción de líquidos y sólidos, que operan bajo una temperatura de trabajo de 1.200 °C y capacidad productiva de 400.000 Kg/l mes, cada uno. Se encuentran bajo una superficie cubierta con techo parabólico de chapa galvanizada y pisos de hormigón. Un horno rotativo para vitrificado de cenizas y recuperación de metales, con temperatura de trabajo 1.600 °C. Y capacidad productiva de 8.000 Kg en batch.

Un horno incinerador para tambores prensados. Capacidad de trabajo: 200

Tambores/día. Un horno rotativo a instalar para des-absorción térmica de tierras contaminadas, con temperatura de trabajo hasta 500°C y capacidad productiva de 2.880.000 kg/mes. Cámara de post-combustión, donde se integran los hornos mencionados, en la cual la temperatura de trabajo es de 1200 °C y el tiempo de residencia de los gases de combustión es de 2,5 sg

Tanque de almacenamiento de oxígeno puro de 50 tn para ser usado en la oxicomcombustión. El reemplazo del uso del aire como componente comburente-oxidante en los hornos incineradores y cámara de post-combustión por oxígeno puro generó las siguientes mejoras:

1. Menor consumo de combustible
2. Disminución de los gases emitidos y por ende de los NOx
3. Posibilidades de aumentar la temperatura de llama dentro de los equipos.
4. Atmósfera altamente oxidante.

Tren de lavado de humos compuesto por:

- Dos Quench (intercambiador de contacto) en acero inoxidable AISI 316 L
- Dos Eyectores con agua a presión e inyección de solución de hidróxido de Na para mantener el pH entre 5-10 , construidos en acero inoxidable AISI 316 L
- Exaustor en acero inoxidable AISI 304
- Torre lavadora con relleno de acero inoxidable AISI 304
- Chimenea de 50m con diámetro de 0,90 m en el primer tramo y 0,75 en el segundo tramo, revestida internamente con ladrillos refractarios
- Un reactor de acero inoxidable AISI 316 L con capacidad de 5000l para la Neutralización de ácidos y álcalis

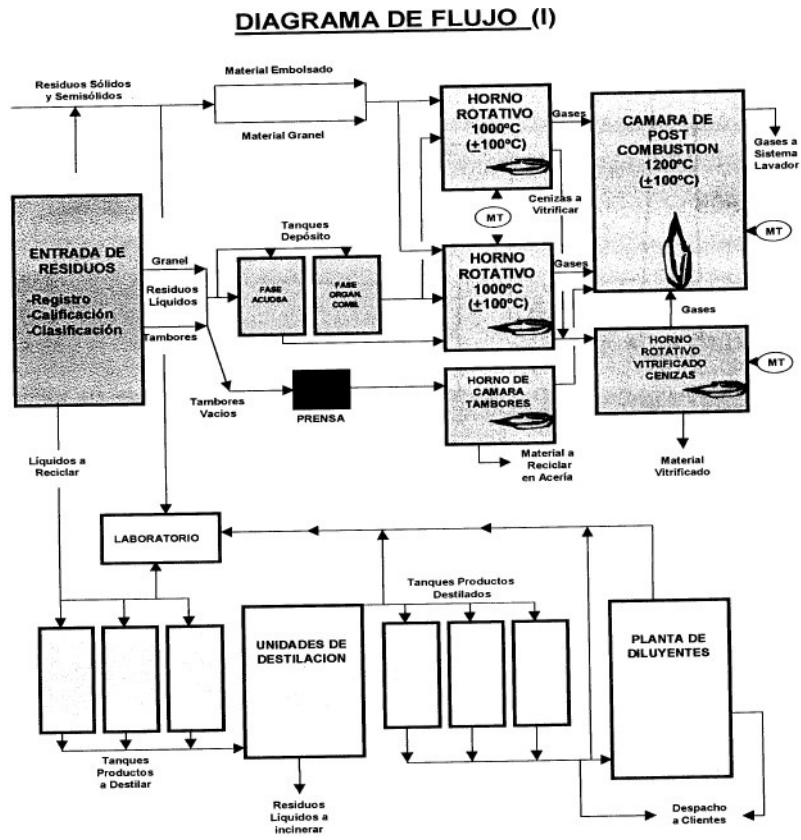
- Laboratorio para el control de calidad, instrumental analítico de campo y planta de tratamiento de efluentes líquidos
- Trituradora para envases plásticos y prensa para tambores
- Área de recepción y depósito de materiales
- Playa de almacenaje con 48 tanques con capacidad total de 2.900.000 l

Sistemas tratamiento

En los siguientes diagramas de flujo se presentan los sistemas de tratamiento de que emplean en la planta de acuerdo con los residuos que se procesan. La planta cuenta con varios certificados de habilitación y control ambiental y opera bajo la Norma ISO 14.001 (Aseguramiento de la Calidad Ambiental). La empresa estatal CEAMSE encargada de la disposición final de los residuos en el Gran Buenos Aires en su informe sobre el material vitrificado de la planta concluye que "no presenta ninguna característica como para ser considerado residuo peligroso según lo especificado por la EPA". Los residuos líquidos y gaseosos de la planta también se encuentran bajo control ambiental.

La Compañía Telefónica Celular de Telecom Argentina en unión con Unifón de Telefónica y Movicom BellSouth lanzó en 1999 la campaña "Cuidar el medio ambiente: una iniciativa personal". Luego de dos años Unifón recicló más de 500.000 unidades, poseen en sus puntos de venta contenedores para recolectar las baterías de descarte. Se les otorga a los usuarios que los soliciten un comprobante de la batería entregada. Los usuarios que lo deseen pueden entregar sus baterías en los puntos de venta de telefonía celular. Al mismo tiempo existe un mercado de baterías recicladas con menor precio que las originales.

Figura 18 Diagrama de flujo planta IDM



Fuente: LLEVATO, Hugo, Boletín tecnológico CARIS, [online], REPAMAR, Argentina Año 3, Enero 2004, [citado el 13 de Enero de 2006], Available from <http://www.ina.gov.ar/boletines/REMAR/PDF/remar4.pdf>.

3.2. Chile

En **Chile**, no se reciclan pilas, y el tratamiento que existe de ellas sólo consiste en recolectarlas y encapsularlas en bloques de concreto con el fin de evitar que su contenido se derrame y contamine el medio ambiente. No existe un sistema especial para la disposición final de los pilas o de otros residuos domésticos peligrosos. En otras palabras, lo único que se hace es aislar el elemento, pero el compuesto sigue estando presente, por lo cual se convierte en un "pasivo ambiental". Quienes recolecten o junten pilas deben estar conscientes de que están manipulando residuos peligrosos y que el efecto potencial negativo se multiplica cuando se encuentran concentradas en grandes cantidades, por lo cual los expertos aconsejan no juntar pilas si no se sabe qué se hará con ellas después. Según datos entregados por el Banco Central, a Chile ingresan aproximadamente cerca de cien millones de pilas al año!, cifra que aumenta en un 10% con la comercialización de pilas desechadas en otros países, que son baratas y malas. Si estos 100.000.000 se dividen por el número de habitantes de nuestro país (15.050.341, según el censo de 2002), nos da un consumo *per capita* de aproximadamente siete pilas por persona al año, número que varía de acuerdo al nivel socioeconómico. A esto hay que sumarle que en la actualidad los chilenos desechan alrededor de 80 millones de pilas al año.

Hidronor es la única empresa aprobada desde 1997 para tener un centro de gestión, tratamiento y disposición de residuos industriales, , cuenta con un deposito de seguridad, su estructura antisísmica esta asegurada por siete capas de geo-sintético, sobre las cuales se disponen los productos inertizados provenientes de plantas de tratamiento o de lagunas industriales, además cuenta con un sistema de recolección de lixiviados, que permite bombear el líquido hasta una balsa de homogenización en la cual es analizado y posteriormente enviado a la planta de tratamiento fisico-quimico para completar el proceso.

En Santiago se implemento un sistema de contenedores ubicados en las paletas publicitarias en la radio central de las comunas. Estos son retirados periódicamente y depositados y dispuestos en un relleno de residuos industriales. Entre julio y diciembre de 2002 se recolectaron 2720 kg de pilas y baterías en los depósitos de la vía pública.

En Curico, se instalaron una serie de contenedores en la ciudad para recoger pilas suficientes para llevarlas a Hidronor para tratamiento y disposición segura.

En Valdivia se comenzó el programa de recolección separada de pilas, las cuales son recolectadas en escuelas y en recipientes juntos con los desechos peligrosos (industriales- aceites). Tanto las pilas como los desechos industriales son enviados a Hidronor para tratamiento.

En Talcahuano, la dirección de medio ambiente de esta municipalidad lleva a cabo la campana de recolección de pilas usadas. Existen dos contenedores especiales, para dicha recolección dispuestos por la Campana Siderúrgica de Huachipato.

En Viña del Mar en conmemoración del día del medio ambiente inauguró una campana de recolección de pilas usadas incorporando alumnos de colegios de la comuna.

En el ámbito internacional, el Convenio de Basilea, regula el transporte de desechos peligrosos, de tal forma que los Estados se comprometen de manera autónoma a hacer un control de dichos residuos.

3.4. Brasil

Por su parte no dispone de tecnología para tratar pilas La Norma Técnica Brasileira NBR-10004 define los residuos sólidos, fija criterios e indica los métodos para su caracterización, presentando tablas las mismas de la US. EPA Resolución CONAMA No. 03 de 1990, en la imposibilidad de re-uso o reciclaje de las pilas y baterías, la destinación final por destrucción térmica deberá obedecer las condiciones técnicas previstas en la NBR - 11175 – Incineración de Residuos Sólidos Peligrosos - y los patrones de calidad del aire establecidos por dicha resolución. Para facilitar la clasificación hay planeada una resolución (está en aprobación) con la cual los fabricantes o importadores tendrían bajo su responsabilidad el manejo de las pilas usadas (recolección, transporte, almacenamiento, reutilización, reciclaje, tratamiento y/o disposición final), Propuesta sobre el reciclaje re-uso y disposición final de baterías, proceso 02000.005624/98-07.

3.5. Ecuador y México

Tampoco tienen plantas de tratamiento. En México se piensa en una estrategia de exportación los Estados Unidos y Canadá para ser tratadas allí, aunque también se desarrollaron proyectos de investigación sobre la recuperación electroquímica de cadmio de mezclas de níquel cadmio en la Universidad Iberoamericana (Campus Santa Fe), así como sobre el tratamiento de pilas secas a partir de la disolución con ácido nítrico en la Facultad de estudios Superiores Zaragoza.

3.6. México

Con respecto al consumo se recopilaron los siguientes datos:

Tabla 30 Consumo de pilas alcalinas y de c-zn y baterías de ni-cd (piezas)

Año	No. de Habitantes*	Producción e importación de alcalinas y C-Zn	Importación baterías Ni-Cd	Piezas / Habitante
1988	77,434,974	367,723,817	16,353,654	4.96
1994	89,616,946	520,230,064	3,132,901	5.84
1995	91,120,433	365,799,992	-43,233,659 **	4
1996	92,646,700	402,748,600	26,205,621	4.63
1997	94,129,047	525,146,644	79,213,605	6.42
1998	97,329,435	416,215,259	81,138,154	5.11

Promedio de consumo pilas / habitante para la década de los 90: 5.11

* El número de habitantes se proyectó a partir de la información presentada en el libro: La situación Demográfica en México, 1998. CONAPO.

** Según los datos oficiales, en 1995 la exportación de estas baterías fue de 57,088,937 piezas, mientras que la importación fue de tan sólo 13,145,330

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

- Se estima que entre 1995 y 2003 se generaron 35,500 toneladas anuales de residuos de pilas y baterías.
- Más de 500 millones de baterías de importación legal se consumieron en 1997. (Misma cantidad usada como referencia de consumo por año).
- Mas de 300 millones de baterías de origen ilegal se consumieron en ese mismo año.
- Cada año se consumen 75 toneladas de baterías de telefonía inalámbrica; 18 por ciento de su contenido es cadmio (13.5 toneladas) y 20 por ciento níquel (15 toneladas) lo que nos da una cantidad aproximada de 28.5 toneladas anuales de residuos peligrosos sólo para telefonía inalámbrica.
- El Instituto Nacional de Ecología (INE) basa un estimado de consumo de 10 pilas por habitante respecto de información de Estados Unidos, Canadá y España. Este consumo es de casi 50% de pilas de origen ilegal. La tendencia actual es que parece estar disminuyendo esta cantidad de consumo de pilas piratas.
- En 43 años (1960-2003) se han liberado en México, aproximadamente 635 mil toneladas depilas; 30% de este total, o sea más de 190mil toneladas corresponde a sustancias tóxicas y a esta cifra se deben añadir las pilas que ilegalmente entran en el país y las que ya incluyen muchos aparatos y pilas de botón en relojes.

Tabla 31 Cálculo de la generación de pilas desechables (alcalinas y c-zn) en 1997 (ton)

Tipo de pilas	Porcentaje consumido*	Baterías consumidas de importación legal	Baterías consumidas de origen ilegal (Cálculo)	Peso en Kg ***	Cálculo toneladas/año
AA	54.73	287,412,758	176,168,964	0.025	11,590
AAA	18.3	96,101,836	58,905,391	0.01	1,550
C (medianas)	8.3	43,587,171	26,716,653	0.065	4,570
D (grande)	5.33	27,990,316	17,156,597	0.095	4,289
9V	4.17	21,898,615	13,422,704	0.04	1,413
Otros tamaños****	9.17	48,155,947	29,517,073	0.05	3,884
Total:	100%	525,146,644**	321,887,381**		27,295

* Datos obtenidos de la Revista del Consumidor

** La suma de las baterías legales e ilegales es igual a 847,034,025 pilas, cifra que dividida entre 94,129,047 habitantes, da como resultado 9 pilas por habitante.

*** Datos obtenidos a partir del peso real promedio por tipo y marcas de baterías.

**** Dentro de esta categoría están decenas de tipos de pilas cuyos pesos oscilan de 1 gramo (como en el caso de las pilas de reloj) a 1,195 gramos (como son las baterías para lámparas de mesa), por lo cual se estimó el peso promedio indicado.

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

Se acuerdo a lo anterior se estima que este país se generaron de tóxicos por pilas y baterías de 1960 al 2003 que van alrededor de 189,382 toneladas de tóxicos distribuidos de la siguiente manera: 145,918 toneladas de dióxido de manganeso (MnO₂); 1,232 toneladas de mercurio (Hg), 22,063 toneladas de níquel (ni); 77 toneladas de litio (Li); 20,169 toneladas de cadmio (Cd).El alto volumen de tóxicos generado por las pilas primarias “menos dañinas” (dióxido de manganeso) podría representar un problema ambiental y de salud pública tan grave como el ocasionado por contaminantes más peligrosos como níquel, cadmio o mercurio.

El Instituto Nacional de Ecología señala que “actualmente no se conoce ningún estudio que evalúe el impacto al ambiente ocasionado por la utilización y manejo inadecuado de pilas y baterías en México; se sabe que varios componentes usados en su fabricación son tóxicos y por tanto la contaminación ambiental y los riesgos de afectar la salud y los ecosistemas dependen de la forma, lugar y volumen en que se ha dispuesto o tratado este tipo de residuos”.

La legislación mexicana no es clara en materia responsabilidad y planes de manejo para pilas y baterías. Las pilas y baterías caen dentro de la clasificación de residuo peligroso por lo que debieran estar contenidas en la Ley General para la Prevención de los Residuos. Aún así, pueden ser considerados como residuos de manejo especial, para los que dicha ley señala que la Semarnat debe expedir normas sobre los residuos de manejo especial y elaborar programas y dar capacitación técnica para que estados y municipios puedan separar las pilas y baterías de la basura doméstica. Además, en su art. 9 frc. XI señala que el gobierno federal promoverá la participación del sector privado para prevenir la generación de residuos de manejo especial y el art. 28 señala que es responsabilidad de productores, importadores, exportadores, distribuidores de los productos; los generadores y grandes generadores de los residuos peligrosos, formular y ejecutar de planes de manejo especial.

Tabla 32. Cálculo de contaminantes generados en las últimas cuatro décadas (toneladas)

Periodo	Pilas Generadas*	Hg**	Cd**	Ni**	MnO2**	Ion-Li**
60 – 69	7,715	77	3	0	1,929	0
70 – 79	29,619	296	11.8	0	7,405	0
80 – 89	123,709	619	0	0	30,927	0
90 – 99	355,600	180	15,100.00	16,530	79,160	13.4
00 – 02	119,029	60	5,054.00	5,533	26,497	63.9

Total de pilas y baterías	635,673					
Total de contaminantes	1,232	20,168.8	22,063	145,918	77.3	

Total de contaminantes generados en 43 años: 189,382 Toneladas

* Se tomó como base la década de los 90, que se obtuvo de multiplicar 35,560 toneladas calculadas para 1997 por 10 años, la proyección para las tres décadas anteriores, se obtuvo de manera similar a lo calculado en la tabla 8.

** Se tomó como base el año 1997 para el cálculo proporcional de los valores de sustancias tóxicas contenidas en el volumen total de pilas consumidas por década

Fuente: JACOTT Marisa, ALIHUEN, Energía, Tecnología y Educación, Green Peace- Instituto Nacional de Ecología [online], Mexico, Noviembre de 2005, [citado

en 04 de Abril de 2006], Available from <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>

Es decir, la Semarnat debe obligar a los fabricantes de pilas y baterías a que se hagan cargo del producto al final de su vida útil y que eliminen los tóxicos.

Otros artículos señalan:

- Garantizar el ambiente adecuado y prevenir la contaminación de sitios por residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial (Art. I).
- Establecer la responsabilidad compartida de productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, así como a los tres niveles de gobierno; definiendo los residuos de manejo especial como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (Art. 2 fr.c.5).
- Agrupar y subclasificar los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en categorías, (art. 15). El artículo 19 establece la clasificación de residuos de manejo especial y no menciona pilas y baterías, a menos que estos sean considerados bajo los términos de la fracción IX como “Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral” ; y el artículo 31 fr.c. V., sí señala las baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio.

La NOM-052-SEMARNAT-1993 en el Anexo 2-Tabla 1, Clasificación de residuos peligrosos por giro industrial y proceso; punto 14. Producción de baterías, dice que los productos de desechos de pilas y baterías son un residuo peligroso, por lo que “deberán ser manejados de acuerdo con lo previsto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de residuos peligrosos, las normas oficiales mexicanas correspondientes y demás procedimientos aplicables” (Castro y Díaz, 2004).

Sin embargo, en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, señala que las pilas y baterías no son residuos peligrosos como tales y que deberán ser considerados como de baja peligrosidad para los cuales hay que desarrollar “planes de manejo especial”, en los que la responsabilidad de su manejo corresponderá en primer lugar, al gobierno federal y bajo acuerdos pueden ser instrumentados bajo responsabilidad estatal y/o local.

En México también se han llevado a cabo actividades. Motorola México puso en marcha en 1999 un programa piloto de recolección de baterías usadas de

teléfonos celulares reciclándolas en INMETCO, Pennsylvania, EEUU. Debido a los altos costo de transporte y los trámites administrativos involucrados con el transporte no se continuó con el proyecto. Cabe nombrar que para incentivar a la población se obsequiaba una antena.

El municipio de Cuautitlán Izcalli recolecta pilas y baterías en distintos centros comerciales y una vez acopiados 16 toneladas se dispondrán en un centro de confinamiento ubicado en San Luis Potosí. Sin embargo el programa no funcionó por causa de la poca participación y falta de información.

En el caso mexicano, la empresa Enertec, logró en el año 2000, la Certificación ISO 14001 para la Planta Recicladora de Plomo y Propileno localizada en Nuevo León, México. Para ello se implementó un Sistema de Administración Ambiental (SAA) que mediante la revisión continua, asegura el control de los aspectos ambientales significativos de la empresa, tanto los existentes como los que surjan durante el proceso.

Con el SAA la Planta Recicladora de Plomo y Propileno se integra a su entorno sin afectarlo ecológicamente. Enertec recolecta las baterías agotadas del mercado y utiliza sus componentes. Tan eficiente es el trabajo que tiene un reciclaje de 1:1, es decir que por cada batería que se vende se recupera otra.

Anexo B. Legislación nacional

Tabla 33 Legislación ambiental Colombiana relacionada con residuos peligrosos y transporte.

ENTIDAD	ACTO ADMINISTRATIVO	ASUNTO
Presidencia de la República	Ley 23 /1973	Concede facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente, para la prevención y control de la contaminación del medio ambiente, la búsqueda del mejoramiento, conservación y restauración de los Recursos Naturales Renovables y la defensa de la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional. Esta fue la primera norma en imprimirle responsabilidades a quienes causen daño al medio ambiente.
Presidencia de la República	Decreto Ley 2811 de 1974	El Código de los Recursos Naturales es la base para las autorizaciones, concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y son definidos procedimientos generales para cada caso.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Congreso de la República	Ley 44/1975	Aprueba el Convenio Internacional del Trabajo, y contiene lo relativo a la protección contra los riesgos de intoxicación por el benceno, adoptado por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo (Ginebra, 1971). Aplica a todas las actividades en que los trabajadores estén expuestos a los productos que contengan benceno; promueve la utilización de productos de sustitución inocuos o menos nocivos que éste, decreta normas para su almacenamiento y manejo en los locales donde se fabrique o emplee, y aboga por el cumplimiento de las medidas necesarias para prevenir la emanación de vapores a la atmósfera del lugar de trabajo, y en caso de que se presenten, no exceder los límites permisibles.
	Decreto 0082 de 1976	Por el cual se reglamentan los artículos 56 y 216 del Decreto - Ley 2811 de 1974 (código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente).
	Decreto 1449 de 1977	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Salud	Ley 09 de 1979	El Código Sanitario Nacional cuenta con una serie de normas relacionadas con la protección del ambiente medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, alude a la responsabilidad que tienen los generadores de residuos durante la recolección, transporte y disposición final, así mismo ante los perjuicios ocasionados sobre la salud pública y el ambiente. Establece normas para la protección y seguridad de las personas contra los riesgos que se derivan de la manipulación, fabricación, almacenamiento, uso transporte, comercio y disposición de plaguicidas; como también de la importación o fabricación de muestras para fines investigativos y de experimentación; también decreta el manejo y control de especímenes quirúrgicos y provenientes de actividades de salud y de residuos de origen domestico.
	D. 1875 de 1979	Este decreto dicta normas sobre la prevención de contaminación del medio marino.
	Decreto 02 de 1982	Decreto que define los estándares de emisión para las diferentes actividades productivas. Las normas indicadas solo indican la concentración de partículas y no establece estándares de emisión para otros compuestos o contaminantes.
Ministerio de Minas y Energía.	Decreto 3065 de 1984	Por medio de la cual se toman medidas sobre la distribución de hidrocarburos y sus derivados.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de salud	Decreto 1594 de 1984	Decreto que regula lo relacionado con el control de los efluentes líquidos de los distintos procesos productivos. Regula los procesos de sanciones relativas al incumplimiento de normas ambientales, así como el procedimiento para el trámite y obtención del permiso de vertimiento de residuos líquidos. En cuanto a residuos como sedimentos, lodos, y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de contaminación ambiental, y otras como cenizas, cachaza y bagazo, prohíbe su disposición en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas o sistemas de alcantarillado, para ello deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.
Ministerio de Justicia Ministerio del interior	Ley 30 de 1986	Estatuto Nacional de Estupefacientes

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de salud	Decreto 1601 de 1984	Reglamenta parcialmente la Ley 09/79, en cuanto a sanidad portuaria y vigilancia epidemiológica en naves y vehículos terrestres. Aboga por el control y vigilancia sanitaria de los terminales portuarios para evitar la entrada, salida y propagación de enfermedades que afecten a la población humana, animales o vegetal; pone de manifiesto que todos los terminales deben tener sistema de recolección y disposición sanitaria de desechos sólidos, y cumplir con requisitos para el almacenamiento de productos biológicos, productos agroquímicos y plaguicidas, ácidos y otros productos químicos, productos inflamables de fácil combustión y explosivos; De igual manera señala que los terminales portuarios deben estar clasificados de acuerdo con diferentes aspectos, entre ellos, sistemas óptimos de recolección, disposición, tratamiento y tipo de residuos, edificaciones, instalaciones y equipos, vigilancia epidemiológica, etc.
Ministerio de Salud	Resolución 2309 de 1986	Por la cual se dictan normas para el manejo de residuos especiales, denominados así en la Ley 9/79.
Dirección Nacional de Estupefacientes	Resolución 0009 de 1987	En la cual se reglamenta la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de sustancias enunciadas en el literal F de la Ley 30 de 1986

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Interior Ministerio de Hacienda y Crédito Público Ministerio de Defensa Nacional Ministerio de Salud Ministerio de Comunicaciones Departamento Administrativo de la Presidencia de la República Departamento Nacional de Planeación	Decreto 919 de 1989	Por la cual se organiza el sistema Nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones
Ministerio de Salud	Decreto 775/1990	Reglamenta el uso y manejo de plaguicidas, incluyendo la clasificación de toxicidad y permiso de uso en el país, la experimentación, producción, proceso y formulación, el almacenamiento, distribución y expendio, el transporte, aplicación, autorizaciones, licencias sanitarias, registros, permisos y conceptos, el rotulado y etiqueta de los envases y empaques, el saneamiento de las edificaciones y la atención y control médico, el personal, la vigilancia epidemiológica y control sanitario y por último las sanciones, así mismo trata el manejo de los desechos y residuos de plaguicidas.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Minas y Energía	Decreto 283 de 1990	Por la cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y el transporte por carrotaques de petróleo crudo.
	Constitución Nacional en el Artículo 81 de 1991	Prohíbe la fabricación, posesión y uso de armas biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos
Ministerio de Desarrollo Económico	Decreto 1842/1991	Estatuto Nacional de usuarios de los Servicios Públicos Domiciliarios.
Ministro de Salud	Decreto 1843 de 1991	Por el cual se reglamentan parcialmente los títulos III,V,VI,VII, y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas
Dirección Nacional de Estupefacientes	Resolución 0001 de 1996, Resolución 0001 de 1995, Resolución 0031 de 1991, Resolución 004 de 1996, Resolución 003 de 1997	En la cual se dispone el control otras sustancias peligrosas
Congreso de la republica	Ley 99 de 1993	Establece dentro de las funciones del Ministerio, dictar regulaciones para impedir la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos o subproductos de los mismos.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Relaciones Exteriores Ministerio de trabajo y Seguridad Social	Ley 55 de 1993	Por medio de la cual se aprueba el “Convenio número 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el Trabajo”, adoptados por la 77ª Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra, 1990.
Ministerio de Salud.	Ley 100 de 1993 , Libro Tercero	Sistema General de Riegos Profesionales
Ministerio del Interior Ministerio de Defensa Nacional	Decreto 2535 de 1993	Normas y Requisitos sobre tenencia de armas y municiones
Ministerio de Minas y Energía	Decreto 300 de 1993	Por la cual se establecen unas obligaciones para los distribuidores mayoristas, distribuidores minoristas y transportadores de combustibles blancos derivados del petróleo.
Ministerio de desarrollo económico	Ley 142 de 1994	Estatuto para los Servicios Públicos Domiciliarios establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Esta ley busca crear un entorno regulatorio apropiado para incentivar inversión privada y el desarrollo de la libre competencia en la prestación eficiente de los servicios públicos, y fortalecer la capacidad reguladora y de control del Estado.
Ministerio de Minas y Energía	Decreto 400 de 1994	Por la cual se asignan unas funciones de control sobre el GLP al Ministerio de Transporte.
Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	Decreto 1295 de 1994	Por la cual se determina la organización y la administración del sistema de riesgos profesionales

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Desarrollo Económico	Ley 142/1994	<p>Contiene el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios. Requiere de las Empresas Prestadoras del Servicios Públicos, obligaciones con miras a desarrollar de una forma respetuosa con el ambiente las actividades propias de los servicios públicos en cada sector, por cuanto da lineamientos para que es tas empresas (o personas) desarrollen la función social de la propiedad, pública ó privada, y la función ecológica de proteger la diversidad e integridad del ambiente. Establece que toda entidad de atención a la salud será considerada como un servicio especial y señala que la recolección y disposición de residuos de estas entidades se hará según las normas ambientales y de salud pública vigentes.</p>
Ministerio de Medio Ambiente Ministerio de Relaciones Exteriores	Resolución 189 de 1994	<p>Define con criterios, cuando un residuo puede catalogarse con características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, además de listar las sustancias que confieren toxicidad a residuo. Fue derogada por la Resolución 809 de 2006</p>

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio del medio ambiente	Decreto 948 de 1995	Este Decreto es el marco normativo de referencia para el manejo de la calidad del aire. Establece la incineración o quema de sustancias, residuos y desechos tóxicos o peligrosos como una actividad sujeta a prioritaria atención y control por parte de las autoridades ambientales; pone en manos del Ministerio del Medio Ambiente la tarea de definir el listado de sustancias de emisión prohibida y sus estándares de emisión y requiere el deber de estipular las condiciones de almacenamiento de productos tóxicos volátiles; Así mismo cita el deber de proveer planes de contingencia aprobados por la autoridad competente por quienes exploren, exploten, manufacturen, refinan, transformen, procesen, transporten o almacenen sustancias tóxicas o nocivas para la salud.
Congreso de la República	Ley 253 de 1996	Por la cual se aprueba el convenio de Basilea, sobre el control del transporte internacional de desechos peligrosos y su eliminación

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Desarrollo Económico	Decreto 605 de 1996	Reglamenta el servicio público domiciliario de aseo en materias concernientes a sus componentes, niveles, clases, modalidades y calidad y al régimen de las entidades prestadoras del servicio y de los usuarios; señala el manejo que debe darse a los residuos sólidos en su componente de presentación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, así mismo, determina las responsabilidades de algunos actores en la materia. Pone de manifiesto la responsabilidad de los generadores por los efectos al medio ambiente y a la salud pública que se puedan generar por la producción, recolección, manejo, tratamiento y disposición final. Por este decreto, los hospitales, clínicas, entidades del sector salud y laboratorios de análisis e investigaciones o patógenos se consideran entidades que deben contar con un servicio especial, desde el punto de vista de la prestación del servicio, ya que adopta la clasificación de servicio en dos modalidades, el servicio especial y el ordinario.
Ministerio de Desarrollo Económico	Decreto 112 de 1996	Por medio de la cual se crean el sistema nacional de información sobre medidas de normalización y procedimientos de evaluación de la conformidad y se dictan normas para armonizar la expedición de reglamentos técnicos y se cumplen algunos compromisos internacionales.
Ministerio de Salud	Decreto 2095 de 1996	Insumos para la salud (Plaguicidas de uso domestico y reactivos de

		diagnostico)
Entidad	Acto administrativo	Asunto
Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG	Resolución 074 de septiembre de 1996	Por la cual se regula el servicio público domiciliario de gases licuados del petróleo (GLP), y se dictan otras disposiciones
	Ley 388 de 1997	Esta ley define el marco general del ordenamiento territorial que debe ser aplicado por los entes territoriales, en este caso, el uso de los suelos para la disposición final de residuos.
Ministerio de Medio Ambiente	Decreto 901 de 1997	Establece las tasas retributivas por vertimiento en los recursos hídricos de la nación, bajo la premisa de que quien contamina paga.
Ministerio de Minas y Energía	Resolución 80505 del 17 de marzo de 1997	Por la cual se dicta el reglamento técnico al cual debe someterse el almacenamiento, manejo, comercialización mayorista y distribución de Gas Licuado de petróleo, GLP.
Ministerio de Desarrollo Económico	Resolución 0006 del 22 de julio de 1997	Por la cual se establece la obligatoriedad de algunas Normas Técnicas Colombianas del Sector Embalaje y Envase

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Congreso de la República	Ley 388/1997	Dentro de sus objetivos está el establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes. Aboga además porque se ejerza la función pública de ordenamiento del territorio municipal, mediante la acción urbanística de las entidades distritales y municipales, clasificando el territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana y localizando y señalando las características de la infraestructura para el transporte, los servicios públicos domiciliarios, la disposición y tratamiento de los residuos sólidos, líquidos, tóxicos y peligrosos y los equipamientos de servicios de interés público y social, tales como centros docentes y hospitalarios, aeropuertos y lugares análogos.
Congreso de la República Ministerio de Justicia y del Derecho Ministerio de Hacienda y Crédito Público Ministerio del Medio Ambiente	Ley 430 de 1998 / Convenio de Basilea	Se prohíbe la introducción de desechos peligrosos al territorio nacional en cualquier modalidad. Responsabilidad por el manejo integral de los generados en el país y en el proceso de producción, gestión y manejo de los mismos

Entidad	Acto administrativo	Asunto
	Constitución Nacional - Sentencia C-771/1998	Los desechos peligrosos distintos de los tóxicos y residuos nucleares pueden ser objeto de importación o exportación siempre y cuando nuestro país pueda manejarlos de una forma apropiada y razonable para no causar daños a la salud o la vida de los habitantes ni se lesione el medio ambiente o cualquier otro derecho fundamental
Ministerio de Minas y Energía	Decreto 1521 del 4 de agosto de 1998	Por el cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio
Ministerio de Salud	Decreto 1545 de 1998	Higiene, aseos y limpieza
Ministerio del Interior	Decreto 093 de 1998	Por la cual se adopta el Plan Nacional para la prevención de desastres
Ministerio de Minas y Energía	Decreto 1452 de 1998	Por medio de la cual le fueron asignadas 24 funciones al INGEOMINAS relacionadas con la caracterización y procesos de materiales nucleares y la protección radiológica y de seguridad nuclear, que tenía el INEA
Ministerio de Medio Ambiente	Resolución 415 de 1998	Define y Reglamenta el uso de aceites usados, los cuales pueden ser utilizados como combustible único o mezclado con otro tipo de combustibles en hornos o calderas

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Relaciones Exteriores	Resolución 822 de 1998	Relacionada con las pautas para la gestión de residuos peligrosos y normas técnicas para los análisis de residuos peligrosos.
	Ley 491 de 1999	Esta ley determina que cualquier actividad humana susceptible de causar daños al ambiente y requiera de una licencia ambiental, debe contar con un seguro ecológico obligatorio
Ministerio del Interior Ministerio del Medio Ambiente Ministerio de defensa Nacional Ministerio de Desarrollo Económico Ministro de Minas y Energía Ministerio de Transporte	Decreto 321 de 1999	Por la cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.
Ministerio del Medio Ambiente	Ley 511/1999	Indica a los Entes Territoriales, la obligación de propiciar condiciones de vida más adecuadas para las personas que se ocupan de actividades de reciclaje (vivienda, protección en salud para las madres cabeza de familia, establece el día del reciclador, crea otros incentivos para el reciclaje).
Ministerio de Salud	Decreto 677 de 1999	Medicamentos

Entidad	Acto administrativo	Asunto
	Ley 632 de 2000	Modifica parcialmente la Ley 142 de 1994 y otras, para obligar a asegurar la prestación de servicios de recolección, transporte y transferencia de residuos peligrosos a través de concesiones hechas a terceros por medio de las licitaciones respectivas. Desconoce que los residuos peligrosos requieren de tratamiento y disposición especiales.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Decreto 2676 de 2000	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
Ministerio de Desarrollo Económico	Resolución 1096/2000 Reglamento Interno del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico -Ras- 2000	En el sector de aseo, presenta los principios fundamentales y criterios operacionales que deben seguirse para realizar una adecuada gestión de residuos sólidos y peligrosos en todos sus componentes, con miras a la minimización de riesgos a la salud y el medio ambiente durante dicha gestión. Incluye también directrices y criterios sobre la gestión de residuos hospitalarios con características peligrosas e infecciosas. Da directrices para la gestión de residuos sólidos, como la reducción en la fuente, la reutilización, el reciclaje y el tratamiento o la disposición final y aporta los principios y criterios operacionales de gestión aplicables a los generadores y receptores de residuos peligrosos.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Medio Ambiente	Decreto 2695 / 2000	Aprovechamiento de los residuos como un principio en su manejo, ya que es un factor importante para ayudar a conservar y racionalizar la demanda de recursos naturales, preservar los sitios de disposición final y reducir la demanda de recursos naturales
Congreso de la República	Ley 715/2001	Establece el Sistema General de Participaciones, constituido por los recursos que la Nación transfiere a las entidades territoriales. Los artículos 3 y 76 establecen la .participación de propósito general que incluyen los recursos para agua potable y saneamiento básico, entre otros para promover, financiar y cofinanciar proyectos de descontaminación de corrientes afectadas por vertimientos, así como programas de disposición, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y sólidos.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Decreto 2763 de 2001	Por el cual se modifica el Decreto 2676 de 2000
El Presidente de la República de Colombia	Decreto 1713 de 2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Ministerio de Transporte	Decreto 1609 de 2002	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Medio Ambiente	Resolución 0058 de 2002	Por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.
Ministerio del Medio Ambiente Ministerio de Salud	Manual Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares Resolución 1164/2002	Elaborar procedimientos, procesos, residuos hospitalarios y similares, solicitados por las autoridades sanitarias y ambientales.
Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Decreto 1505 de 2003	Manejo integral de los residuos sólidos, los materiales' recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.
Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 1045 de 2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS y se toman otras determinaciones.
Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Decreto 1443 de 2004	Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos y se toman otras determinaciones.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 886 de 2004	Por la cual se modifica parcialmente la resolución 0058 del 21 de enero de 2002 por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos y se dictan otras disposiciones
Ministerio de Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de transporte	Decreto 4741 de 2005	Se reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la Gestión Integral, de acuerdo a lo previsto en la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o desechos peligrosos.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 809 de 2006	Por la cual se deroga la resolución 189 del 15 de Julio de 1994
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 1402 de 2006	Derogatoria de la Resolución 189 de 1994, para permitir la introducción de residuos o desechos peligrosos al país, salvo los tóxicos.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Congreso de la República	Convenio de Basilea	Regula la prohibición de introducir desechos peligrosos al territorio nacional, en cualquier modalidad según lo establecido en el Convenio de Basilea, y la responsabilidad por el manejo integral de los desechos generados en el país en el proceso de producción, gestión y manejo de los mismos. Regula además la infraestructura de la que deben ser dotadas las autoridades aduaneras y zonas francas y portuarias, con el fin de detectar de manera técnica y científica la introducción de estos residuos; Se centra en los principios de minimización de la generación de residuos peligrosos; el impedimento del ingreso y tráfico ilícito de residuos peligrosos de otros países, el diseño de estrategias para estabilizar su generación en industrias con procesos obsoletos y contaminantes y el establecimiento de políticas e implementación de acciones para sustituir procesos de producción contaminantes por procesos limpios. Aboga por la obligación del generador o productor de este tipo de residuos de realizar su caracterización fisicoquímica en laboratorios debidamente autorizados por la autoridad ambiental.

Entidad	Acto administrativo	Asunto
Congreso de la República	Otros convenios internacionales	Los fundamentos para la formulación de la Política para la Gestión Integral de la Ley 99 de 1993, la Ley 253 de 1996 que ratifica el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, la Ley 430 del 16 de enero de 1998, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones, la Ley 994 de 2005 por la cual se prueba el Convenio de Estocolmo, el Capítulo 20 de la Agenda 21 de la Conferencia de Río de 1992 de las Naciones Unidas y la declaración de la Cumbre de Johannesburgo; y la Política de Producción Más Limpia, entre otras.

Fuente: Las Autoras