

Propuesta de un plan de manejo de baterías usadas de teléfonos celulares en Venezuela

Angelina Correia de Soto⁽¹⁾, María Luisa Martín de Armando⁽²⁾

⁽¹⁾Universidad de Carabobo. Área de Postgrado.

⁽²⁾ Universidad de Carabobo. FACYT

E: acorreia@uc.edu.ve, jeanarm@telcel.net.ve

Resumen

La disposición de baterías usadas de teléfonos celulares en vertederos municipales representa un impacto negativo para el medio ambiente, debido a la potencial afectación del medio físico y biológico, además del desperdicio de materiales que son recursos naturales no renovables que pudieran ser aprovechados a través de procesos de reciclado, contribuyendo así a la sustentabilidad en sus usos. Como solución a esta problemática ambiental, se propone un plan de manejo de estas baterías en Venezuela que comprenda el reciclaje de las mismas utilizando el proceso pirometalúrgico, o enviarlas al exterior, hasta tanto no se logre implantar en el país el proceso recomendado. Previo a la etapa de reciclaje se plantea un sistema de recolección de las baterías usadas, donde participen todos los sectores involucrados, conjuntamente con los municipios. Finalmente, se sugiere el establecimiento de legislaciones específicas sobre baterías usadas, que incentiven la industria del reciclaje y una campaña publicitaria que estimule la participación ciudadana.

Palabras clave: Baterías, teléfonos celulares, plan de manejo.

Waste management proposal for depleted cell phones batteries in Venezuela

Abstract

The disposal of depleted cell phones batteries in municipal landfills represents a negative impact for the environment, due to the potential effect on of the biological and physical environment, in addition to the waste of materials that are non-renewable natural resources which can be recovered through recycling processes, contribute to the sustainability in their uses. As a solution to this environmental problem, a plan of management of these batteries is proposed. This plan deals with recycling using the piro-metallurgical process or just sending the batteries to other countries, until it is possible to establish the recommended process in Venezuela. Before the recycling phase, a system to recover the depleted batteries is presented which include all the involved sectors and the municipalities. Finally, it is suggested the establishment of specific legislations on batteries that encourage the recycling industry and an advertising campaign that stimulates citizens participation.

Keywords: Batteries, cell phones, waste management.

1. INTRODUCCIÓN

La disposición de baterías gastadas de celulares se ha convertido en un debate mundial cada vez más importante, fundamentalmente por los compuestos tóxicos que ellas contienen. La inadecuada disposición de baterías usadas en vertederos municipales representa un impacto negativo para el ambiente, ya que al deteriorarse la capa protectora que las recubre, se liberan los metales pesados y otras sustancias tóxicas que ellas contienen, contaminando de esta manera el suelo, y posteriormente, movilizándose des-

de el relleno sanitario hacia los acuíferos subterráneos. Por otra parte, cuando ocurren incendios, situación que se presenta con mucha frecuencia en los vertederos del país, se pueden generar vapores altamente tóxicos [1].

Debido a esto, los fabricantes de baterías a nivel mundial se han visto en los últimos años, legalmente presionados a reducir o sustituir los componentes peligrosos de sus productos. Existen actualmente en el

mercado baterías que ofrecen un riesgo mucho menor que modelos anteriores sin perder su eficiencia. Por otra parte, los metales contenidos en las baterías usadas de los teléfonos celulares aún conservan propiedades físicas y químicas útiles, y por lo tanto, pueden ser aprovechadas con el mismo propósito u otro diferente. A nivel mundial existen distintas organizaciones que se encargan de recuperar algunos materiales contenidos en las baterías, bien sea, para ser utilizados en la fabricación de baterías nuevas, o como materias primas, principalmente en la industria metalúrgica [2].

En Venezuela, el aumento vertiginoso del mercado de la Telefonía Celular está generando una cantidad considerable de baterías usadas, con un estimado a nivel nacional de 3.250.000 baterías para el año 2004 [1]. Es por ello que se propone un plan de manejo de las mismas, que comprenda el reciclaje de algunos de los materiales contenidos en las baterías usadas, y la disposición final del material no recuperable, de conformidad con las normas ambientales del país.

La propuesta del plan se basó en una recopilación documental de programas de reciclaje de baterías a escala mundial y su adaptación a la cultura nacional según los resultados obtenidos de las encuestas efectuadas, cuya metodología fue presentada en un estudio anterior [1].

2. PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO

A continuación se detallan cada una de las etapas que deben formar parte del diseño de un plan de manejo ecológicamente racional de las baterías usadas de teléfonos celulares, las cuales se dividieron en cinco fases.

2.1. Fase 1: Normativas Legales

Probablemente, la razón que ha impulsado con mayor peso el reciclaje de baterías en muchos países a nivel mundial (Estados Unidos, continente europeo y asiático) ha sido el establecimiento de normativas legales que de alguna forman, obligan e incentivan la disposición ambientalmente segura de las mismas (Tabla 1).

Tabla 1. Leyes e Iniciativas referentes a Pilas y Baterías.

Entidad Política	Plan o Ley	Tipo de Batería	Aspectos Relevantes
Estados Unidos	Reglamento de Desechos Universales (40 CFR 273, 1995)	Recargables	Establece que las baterías usadas sean almacenadas y transporta para su reciclaje. No requiere de una declaración como un residuo peligroso según lo establecido en legislación federal (RCRA). Su objetivo es el manejo seguro de los desechos para prevenir la liberación de compuestos tóxicos al ambiente.
	Acta de Manejo de Baterías y Pilas que contienen Mercurio (1997)	Níquel-Cadmio, Plomo ácido selladas y de óxido mercúrico	Prohíbe la adición de mercurio a cualquier tipo de batería. Prohíbe la venta de óxido de mercurio (II) para uso en baterías o pilas domésticas. Establece el etiquetado y fácil remoción de la pila o batería del producto. Obliga a los fabricantes de baterías a establecer un programa de reciclaje de las baterías de Ni-Cd.
Unión Europea	Consejo Directivo 91/157/EEC (1991)	Todas	Define a las pilas y baterías como peligrosas en base a su contenido metálico: Sobre 250 ppm de dióxido de manganeso por peso de la celda (Pilas Alcalinas) Sobre 0,025 % de cadmio por peso. Todos los fabricantes deben mantener programas para la recolección, reciclaje y disposición de baterías, con particular atención al contenido metálico.
Japón	Ley para Promover la Utilización de Recursos Reciclables (1991)	Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Promueve la recolección y el reciclaje. Requiere de etiquetado.
Brasil	Resolución Nº 257 del Consejo Nacional de Medio Ambiente (2000)	Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Obliga a la industria, importadores y comerciantes a recolectar y dar tratamiento seguro. Pretende que las empresas operadoras de telefonía móvil incluyan en sus facturas un aviso sobre el destino adecuado de las baterías.

Fuente: Elaboración propia por recopilación de las normativas legales mencionadas (2004). [2], [4], [5], [6] y [7].

Estas legislaciones tienen, en general tres características en común. Primero, participan todos los sectores involucrados, no sólo los fabricantes sino también los distribuidores al mayor y detal de las baterías y de los productos que las contienen. Por otra parte, se reducen los trámites administrativos en las etapas de recolección, transporte y almacenamiento con respecto a los requerimientos exigidos para materiales peligrosos, a fin de disminuir los costos del programa. Finalmente, la mayoría de estas iniciativas, legales establecen un etiquetado, en donde se muestra el símbolo de reciclaje y el tipo de batería, además de indicar que la misma debe ser reciclada o dispuesta apropiadamente.

Particularmente, en Venezuela no existe una legislación específica sobre baterías, aun cuando existen ciertas regulaciones donde ellas podrían insertarse. Según lo establecido en el Decreto N° 2.635 [3], se considera peligroso todo material o desecho que presente características peligrosas, figure en el Anexo A de dicho decreto, o contenga cualquiera de las sustancias del Anexo C, indicadas con una X en concentraciones iguales o superiores a 50 ppm o cualquiera de las otras sustancias del mismo anexo en concentraciones superiores a 1.000 ppm.

Las baterías en uso, a menos que sean sometidas a condiciones extremas (corto circuitos, calentamiento, etc.), no exhiben características de peligrosidad, no obstante, están constituidas por metales que aparecen en el Anexo C del mencionado Decreto. Para conocer si las baterías son consideradas, según la norma, como materiales peligrosos es necesario calcular la concentración de estos metales, y para ello se utilizó la ecuación (1). Los resultados se presentan en la Tabla 2.

$$\text{ppm} = \frac{\text{Peso del metal (mg)}}{\text{Peso de la batería (Kg)}} \quad (1)$$

Como se aprecia en la Tabla 2, sólo el níquel y el cadmio y sus respectivos compuestos se encuentran listados en el Anexo C del Decreto N° 2.365. La concentración de cadmio en la batería de Ni-Cd y la de níquel tanto en las baterías de Ni-Cd como en las Ni-MH supera con creces las establecidas en el Decreto. Por tanto, ambas baterías deben ser consideradas materiales peligrosos, ya que contienen sustancias peligrosas en concentraciones superiores al

Tabla 2. Concentración de metales en las baterías y su comparación respecto al Decreto N° 2.635.

Tipo de Batería	Contenido del metal en la batería (ppm)	Contenido límite de metal según Decreto N° 2.635 (ppm)
Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Cd = 250.000	< 50
	Ni = 220.000	< 1.000
Níquel Metal Hidratado (Ni-MH)	Ni = 250.000	< 1.000
Ión Litio (Li-ion)	Li = 50.000	No está establecido
	Co = 200.000	

límite establecido en la norma. No obstante, en la práctica el manejo de tales baterías no corresponde al de un material peligroso, ya que las baterías usadas de teléfonos celulares se disponen luego de su vida útil junto a la basura común, según el estudio preliminar realizado [1].

Es importante mencionar, que las legislaciones internacionales aun cuando tampoco establecen concentraciones límites de litio y cobalto en sus desechos, establece un listado de categorías o tipos de residuos peligrosos clasificados según su naturaleza o la actividad que los genera, y dentro de estos residuos se regulan aquellos que tengan como constituyentes compuestos de cobalto y metales alcalinos, tales como litio, sodio y potasio en forma no combinada [6]. Dentro de este orden de ideas, las baterías y pilas son desechos que se encuentran regulados en el consejo directivo de la Comunidad Económica Europea.

La experiencia internacional indica que el éxito en la implementación de un plan de recolección y posterior reciclaje de las baterías usadas comienza como un requisito legal, el cual posteriormente incentiva programas voluntarios. Por tanto, se recomienda que en Venezuela se realicen legislaciones concretas sobre baterías que estimulen la industria del reciclaje y obliguen a las empresas a tener responsabilidad social por sus productos, luego de su vida útil.

2.2. Fase 2: Campaña Publicitaria

Otra etapa importante en la implantación de un programa de reciclaje es el establecimiento de una campaña educativa a los usuarios de teléfonos celular-

res y al público en general, ya que la conducta del consumidor es almacenar temporalmente las baterías usadas o disponerlas junto con la basura común [1]. La finalidad de esta campaña es dar a conocer los distintos tipos de baterías y de la presencia en algunas de ellas de metales pesados que son considerados tóxicos y ecotóxicos, que aun cuando no son perjudiciales para la salud, por su uso diario podrían ser contaminantes si la batería usada no se dispone apropiadamente.

El conocimiento de esta problemática ambiental puede ser un paso decisivo en el éxito del programa, y según la investigación realizada [1], El 57 por ciento de la población en estudio manifiestan conocer que las baterías contienen metales pesados y los impactos negativos de su disposición junto a la basura común, e incluso conocen de la existencia de programas de reciclaje en otros países, pero reconocen que no saben qué hacer con ellas y terminan disponiéndolas en la basura. El 43 por ciento restante de los encuestados afirman no saber nada al respecto, pero se mostraron interesados en el tema, de allí la importancia de estimular la participación ciudadana en este tipo de programas. Es importante destacar que las empresas de telefonía celular y los distribuidores de baterías deben participar en esta campaña resaltando los beneficios que proporciona el reciclaje de baterías, no sólo desde el punto de vista ambiental, sino por la posibilidad de creación de nuevos puestos de trabajo.

El reciclaje supone un cambio de cultura de la población, por lo que es un proceso largo, que debe comenzar desde las escuelas hasta las universidades. No obstante, y pese a la poca cultura de reciclaje en nuestro país, un alto porcentaje de la población en estudio (95 %) estaría dispuesto a llevar sus baterías usadas a centros de recolección a fin de colaborar en el posterior reciclaje de algunos de los componentes de las mismas (Figura 1). El 7 % restante manifestó no estar de acuerdo en hacerlo, ya que desconocen totalmente la razón. Cuando se les ofrece a estas personas un incentivo monetario por la devolución de la batería usada, el 75 % manifiesta estar dispuesta a apoyar el plan [1]. Según estos resultados obtenidos, y a fin de incentivar a la población a participar en el programa, puede establecerse inicialmente algún incentivo a los consumidores para devolver las baterías gastadas, como un descuento por la compra de la batería nueva. De esta forma, a través de un estímulo se va creando conciencia y cultura hacia el reciclaje.

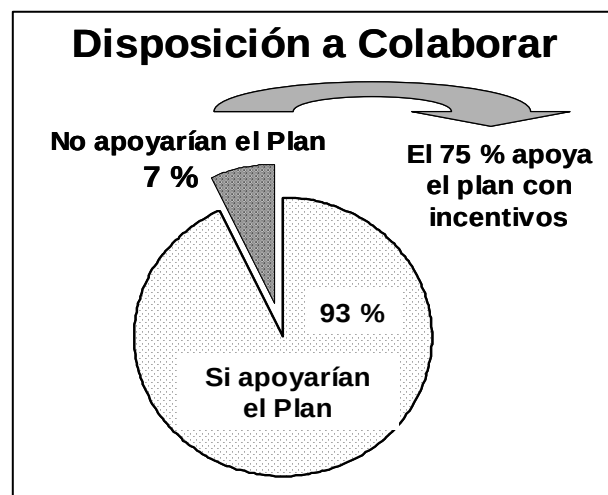


Figura 1. Disposición a colaborar con plan de reciclaje por parte de los usuarios de telefonía celular
Fuente: Datos muestrales 2003

2.3. Fase 3: Recolección y Transporte

Los sitios de recolección de las baterías usadas se deben ubicar en lugares que sea fácilmente accesibles a las personas o empresas que deseen participar. Se pueden utilizar la modalidad de *minoristas* que incluye todas las tiendas que venden teléfonos celulares, así como los talleres de servicio técnico y agencias comerciales de las empresas de telefonía celular. Los minoristas que participan en el programa deben poseer en sus instalaciones contenedores para la recolección de las baterías, los cuales son buzones metálicos con su interior recubierto con planchas de polietileno expandido para amortiguar el golpe de las baterías al ser depositadas, y evitar así su deterioro.

En la modalidad de comunidades, las municipalidades aprovechan la infraestructura ya existente para el reciclaje de otros materiales tales como papel, vidrio, etc. Este tipo de recolección es posible en Europa, debido a la cultura ya existente de reciclaje selectivo de los desechos urbanos, donde las autoridades municipales se encargan de la recolección de las baterías, y posteriormente la Asociación Europea de Baterías Portátiles (EPBA) se hacen responsable de todas las operaciones subsiguientes [8].

Desde esta perspectiva, el sistema de recolección a través de los minoristas se adapta mejor a la cultura venezolana, ya que en nuestro país no existe una separación selectiva de los desperdicios que propicie

una recolección bajo el esquema *comunitario*, por lo que los costos de este tipo de recolección podrían ser muy altos. Por otra parte, si se utiliza como incentivo un descuento por la compra de una batería nueva, los sitios de ventas representan la mejor alternativa en la selección de los puntos de recolección. No obstante, podría proponerse un esquema mixto entre las empresas de telefonía celular, sus agencias comerciales y la municipalidad.

Un esquema general de este sistema de recolección mixto se muestra en la Figura 2. Los clientes llevan sus baterías usadas a los centros de recolección establecidos en las distintas agencias comerciales de las operadoras de su línea celular. Estos centros de recolección *minoristas* se encargan de recibirlas y luego enviarlas a centros de recolección a nivel local o estatal bajo la responsabilidad de las distintas empresas de telefonía celular, las cuales posteriormente las envían al centro de almacenamiento a nivel nacional, donde se realiza una separación preliminar por tipo de batería y su empaque en bultos para su posterior envío al centro de reciclaje. La municipalidad puede apoyar el programa ofreciendo descuentos en algunos impuestos o dando facilidades de pago, así como promocionando las agencias o empresas que participen en el plan de manejo de las baterías usadas.

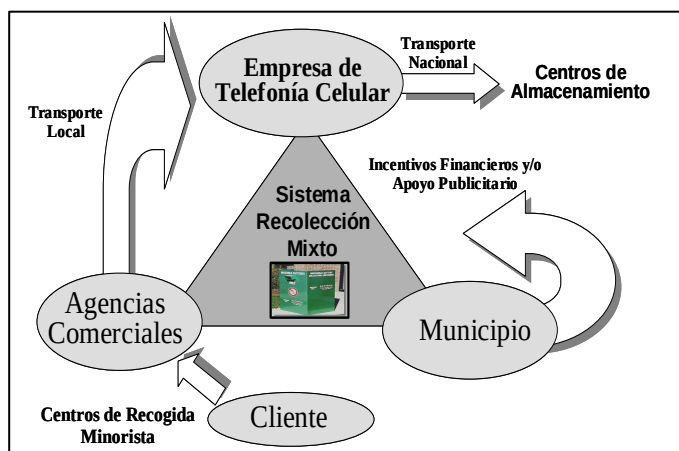


Figura 2. Esquema de Recolección Mixto

En cuanto al transporte de las baterías usadas, se recomienda que se realice sin los requerimientos exigidos para el transporte de materiales peligrosos, tal como se realiza a nivel mundial ya que esto encarecería mucho el proceso de reciclaje y dificultaría la puesta en marcha del programa. Por supuesto se deben manejar

con un mínimo de seguridad, evitando el contacto de las baterías con superficies metálicas, y colocando cada batería en una bolsa individual a fin de evitar contacto y posibles derramamiento de los electrolitos por golpes o temperaturas extremas durante el transporte. En general se recomienda el mismo tipo de transporte y precauciones que se utiliza para las baterías nuevas.

2.4. Fase 4: Reciclaje

Una vez que las baterías son recolectadas, ordenadas y clasificadas según su composición química, se debe proceder a la recuperación de los metales y otros materiales que presenten características físicas y químicas que así lo permitan y a la disposición adecuada del material remanente, de acuerdo a las regulaciones ambientales del país [3].

En la fase de reciclaje se proponen dos opciones. La primera de ellas consiste en reciclar las baterías en el país, y la segunda opción, el envío de las mismas al exterior para su posterior reciclaje. A fin de considerar cuál de estas opciones es la más conveniente, es preciso conocer primero la tecnología necesaria para la recuperación de los metales presentes en las baterías y la factibilidad de instalación de una fábrica con tales características en el país.

Opción 1: Reciclaje en el País

Diversos procesos se han desarrollado para recuperar los metales contenidos en las baterías. Entre los más importantes se pueden mencionar el proceso pirometalúrgico, método térmico de óxido-reducción que convierte los compuestos metálicos a la forma metálica; el proceso hidrometalúrgico, que utiliza un sistema de extracción con solventes acuosos; y el proceso electrometalúrgico, que se basa en el empleo de electricidad [2].

Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA), el proceso pirometalúrgico es la mejor tecnología disponible para recuperar todas las materias primas contenidas en las baterías Ni-Cd y en otros tipos de baterías [9]. Debido a esto, se procedió a realizar una descripción de este proceso, sobre la base de la información obtenida de la empresa INMETCO, la cual recupera metales provenientes de diversos residuos (catalizadores, baterías), en EE.UU., única en ese país con esta tecnología [10].

La primera etapa en el proceso de reciclaje de las baterías consiste en la segregación de las mismas por su naturaleza química. Posteriormente se procede a la separación de sus componentes utilizando un sistema mecánico que corta la parte superior de las baterías y remueve la cubierta, los electrodos y el electrolito. En la Figura 3, se presenta la separación preliminar de los componentes de las baterías Ni-Cd y Ni-MH, así como las operaciones de reciclaje y aprovechamiento térmico de los materiales.

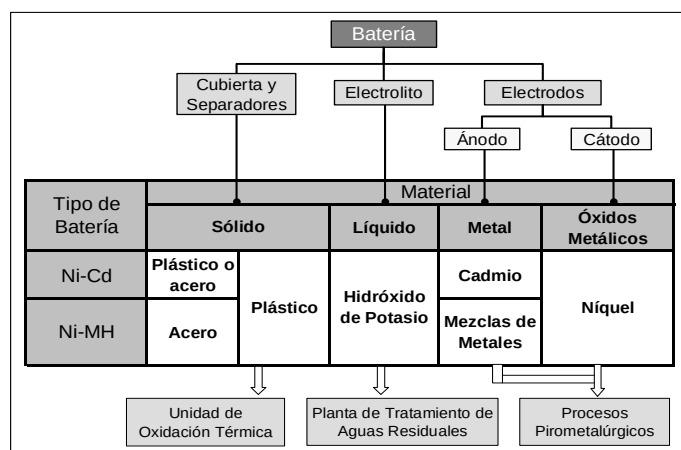


Figura 3. Separación y recuperación de los principales componentes de las baterías

Fuente: McMichael y Henderson, 1998 [2], INMETCO, 2004 [10].

Una vez separados los materiales, se conducen a diferentes unidades para su recuperación. El electrolito es enviado a la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria recicladora, donde es usado como reactivo en el control de pH, por lo que no es aprovechado para su venta sino en el mismo proceso de reciclaje. Por su parte, el recubrimiento plástico de las baterías se envía a una unidad de oxidación térmica donde se quema y se recupera el calor para ser utilizado en las unidades de recuperación de metales, donde se procesan los electrodos de níquel y cadmio.

En el caso del electrodo de níquel, se lleva a una unidad de disco, donde se corta en tiras y se mezcla con el recubrimiento metálico de las baterías, y con otros materiales descartados provenientes de la fabricación de acero, además de catalizadores gastados. En este proceso se utiliza agua o líquidos residuales para formar pelotitas que posteriormente se transfieren a un horno rotatorio para la reducción de las sales metálicas presentes a la forma de metal libre.

Seguidamente se alimentan a otro horno eléctrico de arco sumergido, donde se funden los metales.

El metal fundido forma una aleación compuesta principalmente por hierro, con pequeñas cantidades de cromo (9-19%), níquel (8-16%), y cobalto (0,8%); se procesa en forma de lingotes de 14 Kg, con gran valor comercial para la fabricación de productos de acero inoxidable, tales como fregaderos [10].

Por otra parte, el electrodo de cadmio se transfiere a otra unidad de recuperación, que consiste en un horno a temperatura elevada (1300–1400°C) donde los materiales se incorporan conjuntamente con el agente fundente (cal o sílice) y el agente reductor (carbón). La función del agente fundente es disminuir la temperatura de fusión de los materiales y eliminar las impurezas. El proceso pirometalúrgico para el cadmio tiene algunas variantes, debido a la mayor volatilidad de este elemento con respecto al níquel (T_b Cd = 770 °C y T_b Ni = 2920 °C), por lo que a través de procesos de fundición y oxido-reducción se logra volatilizar y recuperar el cadmio metálico, con un 99,95 % de pureza, el cual puede usarse en la producción de nuevas baterías de níquel-cadmio, en la fabricación de recubrimientos resistentes a la corrosión y para la producción de compuestos de cadmio [10].

El proceso pirometalúrgico de INMETCO tiene la ventaja que ninguno de los subproductos de la planta es enviado a rellenos sanitarios, no obstante consume cantidades importantes de energía y genera grandes volúmenes de emisiones gaseosas, siendo éstas unas de sus principales desventajas [11].

La empresa INMETCO, a un costo en 1995 de \$5 millones de dólares, tiene una capacidad instalada que le permite reciclar 10.000 toneladas de baterías gastadas por año. A título ilustrativo, se puede indicar que en el año 1996 recicló 2.500 toneladas de baterías Ni-Cd, lo cual representó el 25 % de las baterías descartadas, frente a un 60% que es el estimado para el año 2005, proveniente tanto de la Corporación de Reciclaje de Baterías Recargables de EE.UU. (RBRC) como de otras fuentes. La recuperación de cadmio en 1996 fue de aproximadamente 90 toneladas [12].

Los datos de la recolección y reciclaje de baterías de Ni-MH y Li-ion son limitados en este momento, principalmente porque INMETCO comenzó a

aceptar estas baterías a partir del año 2000. Las baterías Ni-MH se procesan de manera similar al procedimiento empleado para el electrodo de níquel de las baterías Ni-Cd, donde las tierras raras que constituyen el electrodo positivo se separan en forma de escoria que es luego vendida como material para la construcción [10].

En cuanto al proceso de reciclaje de las baterías de Li-ion, se sabe que el cobalto es el principal metal recuperado para formar aleaciones de Fe-Ni-Cr, las cuales contienen pequeñas cantidades de cobalto (0,5-0,8 %). El alto punto de ebullición del cobalto ($T_b = 2897\text{ }^{\circ}\text{C}$), impide su volatilización y posterior separación utilizando la misma modalidad del proceso pirometalúrgico empleado para la recuperación de cadmio [10].

Debe señalarse que otras empresas en EE.UU., tales como OGM Amercas Apex, recuperan baterías de Li-ion utilizando el proceso hidrometalúrgico con extracción del metal de interés con ácido sulfúrico diluido. De esta forma se separan los metales presentes en el electrodo positivo en forma de óxidos (aluminio y cobalto) y carbonatos (litio), los cuales son vendidos como reactivos químicos [12].

Según la descripción del proceso pirometalúrgico, la posibilidad de reciclaje en el país dependería de la factibilidad de instalación de una planta con tales características. Se podría estudiar la posibilidad técnica de recuperación en la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR) ya que ésta utiliza procesos similares de fundición de metales. SIDOR produce acero a partir de un mineral de alto contenido de hierro, utilizando la vía de reducción directa, hornos eléctricos de arco y colada continua [13], procesos y equipos similares al proceso pirometalúrgico descrito.

Opción 2: Envío al Exterior

Además de las baterías provenientes de EE.UU., INMETCO recibe baterías provenientes de Canadá, Europa, y América del Sur [12]. En Brasil luego de una resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente, la empresa Nokia, extendió a partir de 2001, su Programa Mundial de Reciclaje de Baterías a este país, encargándose de la recolección y posterior envío al exterior para su reciclaje [7]. Posiblemente las envía a INMETCO, ya que en EE.UU., NOKIA participa en el programa de RBRC.

RBRC extendió su programa a Canadá a partir del 1997, y está bajo consideración su expansión en otros países, con Australia y México encabezando la lista. También están considerando colocar la licencia de su tecnología en el extranjero [10]. Para establecer la factibilidad y viabilidad del envío de las baterías usadas al exterior, se sugiere establecer contacto directo con INMETCO, ya que esta empresa tiene un sistema de reciclaje prepagado en otras partes del mundo. Se recomienda que este contacto sea a través de organizaciones gubernamentales o empresas comercializadoras de las baterías en el país (Motorola, Nokia, Samsung, entre otras).

A dichas empresas, conjuntamente con las operadoras del servicio de telefonía celular en Venezuela, se les debería exigir, mediante una legislación, que tengan un plan de manejo de las baterías luego de su vida útil, y que posteriormente se encarguen de enviarlas al exterior para su reciclaje, hasta tanto no exista la posibilidad de realizarlo en el país. Para ello se puede hacer uso del programa prepagado de reciclaje de baterías de INMETCO el cual incluye los contenedores y el reciclaje. Por supuesto se negociaría el traslado a EE.UU. Aún cuando INMETCO, es la planta recicladora con las instalaciones más modernas en EE.UU., existen otras empresas en ese país encargadas del reciclaje de baterías, con las cuales también se podría establecer contacto.

Para el envío de las baterías al exterior es necesario considerar los acuerdos del Convenio de Basilea, el cual es un tratado ambiental global que controla la movilización transfronteriza y la eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos que los Estados Partes autónomamente, y según su legislación interna, consideran como tales. Igualmente, estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición [14].

2.5. Fase 5: Estimación de Costos

Con la finalidad de gestionar todas las etapas del plan de manejo, se propone la creación de una organización que se encargue de la logística, financiamiento y control operativo de cada una de las etapas del proceso, desde el programa educativo, recolección, almacenamiento, hasta el reciclado de las baterías usadas.

Basándose en el éxito obtenido en organizaciones

como EPRA en Europa y RBRC en EE.UU. y Canadá, dicha organización, de carácter voluntario y sin fines de lucro, debe incluir a todos los sectores involucrados en la fabricación, distribución, uso y venta de baterías, así como de los productos que operen con ellas, es decir, a las empresas que venden el teléfono y ofrecen el servicio de la línea celular.

El financiamiento de este tipo de programas a nivel mundial, se basa en la venta de una licencia que permite pagar todos los gastos. Las empresas que participan en el programa pagan una cuota por la licencia, la comercializan en sus productos y la organización se encarga de todo el proceso. Es decir, la organización suministra los equipos y servicios necesarios: contenedores, bolsas, propaganda para colocar en las agencias comerciales y el pago del transporte a los centros de almacenamiento.

Las empresas miembros utilizan el sello de la licencia en sus productos para indicar que forman parte del programa, lo cual les sirve además como una campaña publicitaria donde las empresas manifiestan su responsabilidad con el ambiente y la preservación de los recursos. La idea es que los consumidores de baterías prefieran los productos con el sello que indica que existe un sistema de recolección y reciclado, por el cual las compañías han pagado. De esta forma se estimularía la venta de las baterías con el sello.

Una vez que se asignan los fondos para las diferentes etapas (publicidad, recolección, almacenamiento y reciclado), los costos totales se dividen por la cantidad de baterías o productos que las contienen, puestas en el mercado por cada uno de los miembros. De esta forma se calcula la cuota que ellos deben pagar, la cual se adiciona al costo original de la batería [9].

En 1996 RBRC recicló 2500 toneladas de baterías Ni-Cd utilizadas en diferentes equipos (teléfonos, herramientas, juguetes), lo cual representó el 25 % de las baterías vendidas en EE.UU. durante 1995. RBRC gastó 5,5 millones de dólares para llevar a cabo el programa o aproximadamente \$ 2000 por tonelada de batería, lo cual constituyó un aumento del 1 por ciento en el precio de venta de las baterías Ni-Cd [9].

Con estos costos, RBRC estimó una cuota para el reciclaje de las baterías Ni-Cd de aproximadamente 10 centavos de dólar en una computadora portátil, 4

a 12 centavos en una herramienta eléctrica y 5 centavos en un teléfono celular. Las etapas de educación, recolección y reciclaje representan el mayor porcentaje de los costos totales del programa (85%), mientras que la fase de administración sólo un 15 %.

Evidentemente, la magnitud de baterías vendidas en EE.UU. es mucho mayor a las cantidades vendidas en Venezuela. En el año 2001 se estimaron 130 millones de suscriptores del servicio de telefonía celular en EE.UU [15]. El programa debe reunir un número alto de empresas miembros a fin de disminuir la cuota a pagar por parte de cada una de ellas, y por tanto, reducir el porcentaje de incremento en el producto final. En este sentido, el programa no sólo debe incluir baterías para celulares, sino reunir la mayor cantidad posible de baterías gastadas utilizadas en equipos tales como teléfonos inalámbricos de conexión fija, juguetes, herramientas eléctricas y demás aparatos que dependan de fuentes de alimentación recargables.

Por otra parte, bajo el programa de responsabilidad compartida propuesta en el plan de recolección (Figura 2), a medida que las municipalidades apoyen el programa, por ejemplo con campañas publicitarias, el traslado del costo del programa al consumidor será menor. Es importante mencionar que debido al carácter voluntario de la organización, las compañías son libres de decidir si unirse a la misma y obtener las licencias. No obstante, aquellas empresas que decidan no hacerlo, deben ser obligadas por una legislación específica a responsabilizarse por sus productos luego de su vida útil, diseñando otro plan de manejo individual.

3. CONCLUSIONES

Para Venezuela se propone un plan de gestión ecológicamente racional de las baterías gastadas de teléfonos celulares que involucre cinco etapas fundamentales. La primera, el establecimiento de normas ambientales tendientes a crear las bases legales que estimulen a las empresas de telefonía celular y sus agencias comerciales a formar parte del programa. Dicha legislación debe conseguir los mecanismos necesarios para incentivar el reciclaje de las baterías, facilitando los controles administrativos para el manejo de estos materiales descartados tal como se realiza en otras partes del mundo.

Seguidamente, resulta de vital importancia realizar un gran despliegue publicitario, a fin de poder influir en los hábitos del consumidor, en una sociedad con una escasa cultura hacia el reciclaje. Según experiencia personal a través de la realización de las encuestas, las personas están ávidas de información y demuestran una alta disposición a colaborar.

Posteriormente, se debe realizar el proceso de reciclaje, utilizando el método pirometalúrgico de preferencia, el cual puede efectuarse, por similitud de los procesos, en la industria siderúrgica venezolana; o enviarlas al exterior, bajo los acuerdos establecidos en el Convenio de Basilea.

Para la etapa de reciclaje se recomienda establecer contacto con INMETCO, ya que esta empresa tiene otras instalaciones en Francia y Suecia, que trabajan bajo su patente. Posiblemente se pudiera establecer un consorcio INMETCO-SIDOR. Paralelamente, se debe realizar un estudio económico de plan de manejo propuesto considerando las dos opciones de reciclaje (en Venezuela o su envío al exterior), a fin de determinar las cuotas que las empresas miembros deberán pagar para mantener el programa y el porcentaje de incremento en el producto final. Para garantizar la rentabilidad del proceso se debe recolectar una cantidad importante de baterías, no sólo de los teléfonos celulares, sino de otras fuentes tales como teléfonos inalámbricos, herramientas eléctricas y una gran variedad de juguetes.

En los últimos años, la industria de las baterías ha evolucionado rápidamente, desarrollando baterías de Ni-MH y Li-ion que han reemplazado a las de Ni-Cd en el mercado de la telefonía celular. Por otra parte, los programas de reciclaje han incentivado la creación de nuevas tecnologías, donde se demuestra que cuando los fabricantes toman la responsabilidad por sus productos, después de que ellos se convierten en residuos, pueden estimular el desarrollo de una nueva capacidad de reciclado.

Igual situación puede ocurrir en Venezuela, donde eventualmente se puede iniciar el programa con el envío de las baterías recolectadas al exterior, pero paralelamente trabajando con la posibilidad de reciclaje de las mismas en la industria siderúrgica venezolana. Los beneficios ambientales de conservación de los recursos y la reducción de los impactos ambientales en los vertederos municipales, se verían reforzados

con los beneficios económicos asociados a la creación de nuevos puestos de trabajo y a la venta de productos reciclados.

Se cree que debe aprovecharse las experiencias de reciclaje que se están llevando a cabo actualmente en Sur América, específicamente en Argentina, donde se realiza la recuperación de los materiales contenidos en las baterías en instalaciones ubicadas en el país; o la de Brasil que las envían al exterior. Estos programas son apoyados por empresas comercializadoras de baterías y teléfonos celulares tales como Nokia y Ericsson, que poseen programas de recolección y reciclado en otras partes del mundo, y que inciden favorablemente como una estrategia de mercadeo [16].

Específicamente, en Venezuela, Nokia y Motorola, las más importantes marcas de teléfonos celulares según el resultado de las encuestas [1], participan en el programa de RBRC, el cual recicla las baterías usadas en la planta INMETCO. En Venezuela, se debe promulgar una legislación ambiental que exija a estas compañías, conjuntamente con las empresas de telefonía celular en el país, extender sus programas de reciclaje ya existentes a nivel mundial, estableciendo contactos con la casa matriz, tal como se realiza en Brasil y Argentina.

REFERENCIAS

- [1] Correia A., Martín M. L. (2004): "Potencial Impacto Ambiental de la Disposición final de Baterías Usadas de Teléfonos Celulares en Vertederos Municipales" Ingeniería UC. Por publicar.
- [2] McMichael, F. Y Henderson C. (1998): "Recycling Batteries" IEEE Spectrum: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Vol 35, No. 4.
- [3] Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos, Decreto N° 2.635. (1998). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.245 (Extraordinario).
- [4] U.S. EPA (1995): "The Universal Waste Rule". (40 CFR 273). Informe disponible on line: <http://www.epa.gov/docs/fedrgstr/EPA-WASTE/1995/May/Day-11/pr-273.html>.
- [5] U.S. EPA (1997): "Implementation of Mercury Containing and Rechargeable Battery Management Act" (The Battery Act). (EPA 530-K-97-009).

- [6] Batteries and Accumulators Containing Certain Dangerous Substances. Council Directive 91/157/CEE (1994): Council Directive 94/31/CEE (1991). Community Economic European (CEE).
- [7] Nokia Brasil - Pós venda - Programa de Reciclagem de Bateria (2001). "Informe" Disponible on line: <http://www.nokia.com>
- [8] European Portable Battery Association (EPBA) (2003): "Informe" Disponible on line: <http://www.epba-europe.org>
- [9] Rechargeable Battery Recycling Corporation (RBPC) (2003). "Informe" disponible on line: <http://www.rbrc.com>
- [10] Compañía Internacional de Reclamación de Metales (INMETCO) (2003). "Informe" Disponible on line: <http://www.inmetco.com>
- [11] U.S. Environmental Protection Agency -EPA (2003). "Batteries". Disponible on line: <http://www.epa.gov/epr/products/batteries.html>
- [12] Plachy, J. (2003). "Cadmium Recycling in the United States en 2000". U.S. Geological Survey Circular 1196). U.S. Department of Interior. Reston, VA.
- [13] Siderurgica del Orinoco (SIDOR) (2004). Disponible on line: <http://www.sidor.com>
- [14] Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. (1989). Naciones Unidas.
- [15] Fishbein, B. (2002). "Waste in the Wireless World: The Challenge of Cell Phones". "Informe" Disponible on line: www.informinc.org/cpch6.pdf
- [16] Unifón de Telefónica. Empresa de Telefonía Celular de Argentina. (2003). Disponible on line: <http://www.pilar.com.ar>