

**PROYECTO DE GRADUACION**  
Trabajo Final de Grado

**Basura electrónica**  
Acciones para su tratamiento

Joaquín Alejandro Cardoso  
Entrega 3ra. Etapa 75 %  
05/11/2014  
Diseño Industrial  
Proyecto profesional  
Diseño y producción de objetos, espacios e imágenes

## Índice

<b>Introducción</b> .....	4
<b>Capítulo 1. Basura electrónica</b> .....	15
1.1. La escala del problema .....	15
1.2. Desecho de residuos eléctricos y electrónicos .....	17
1.2.1. Toxicidad de sustancias peligrosas en los RAEE .....	18
1.2.2. Desecho en basurales .....	19
1.2.3. Exportación de los RAEE .....	21
1.3. Legislación y regulación de los RAEE .....	23
1.3.1. Europa .....	23
1.3.2. Asia .....	26
1.3.3. América del Norte .....	28
<b>Capítulo 2. Tratamiento de los RAEE</b> .....	31
2.1. Desecho, recolección y transporte .....	31
2.2. Re-uso .....	33
2.2.1. Categorías existentes en el re-uso de AEE .....	34
2.2.2. Comparación entre opciones de re-uso .....	36
2.2.3. Consideraciones para la reutilización de RAEE .....	37
2.3. Reciclaje de RAEE .....	39
2.3.1. El rol de los materiales .....	40
2.3.2. Desmantelamiento y pre-procesamiento de RAEE .....	42
2.3.3. Procesamiento final .....	44
2.4. Consideraciones en el diseño de AEE .....	46
2.4.1. Ciclo de vida y sistema .....	47
2.4.2. Uso, re-uso y reciclaje .....	48
2.4.3. Materiales y procesos sustentables .....	49
<b>Capítulo 3. Pilas y baterías</b> .....	52
3.1. Usos y tipos .....	52
3.2. Desecho, recolección y transporte .....	54
3.3. Clasificación y reciclaje .....	58
3.4. Legislación y regulación .....	61
<b>Capítulo 4. RAEE en Argentina</b> .....	65
4.1. Generación de RAEE .....	66
4.2. Tratamiento de RAEE .....	69
4.2.1. Situación actual .....	70
4.2.3. Gestión de RAEE .....	71
4.3. Marco normativo .....	74
4.4. Gestión de pilas y baterías en el AMBA y la CABA .....	76

<b>Capítulo 5. Desarrollo de la propuesta</b> .....	79
5.1 Origen de la propuesta.....	79
5.2. Sistemas de recolección y contenedores utilizados.....	82
5.2.1. Contexto internacional.....	83
5.2.2. Contexto nacional (CABA).....	87
5.3. Producto final.....	89
5.3.1. Programa de diseño .....	90
5.3.2 Descripción del producto .....	92
<b>Conclusiones</b> .....	94
<b>Imágenes seleccionadas</b> .....	99
<b>Lista de referencias bibliográficas</b> .....	101
<b>Bibliografía</b> .....	104

## Introducción

A lo largo de los años, el uso de dispositivos electrónicos se ha vuelto más habitual dada la manera en que se desarrolla la sociedad actualmente. Es difícil imaginar la vida de una persona que no posea una dirección de correo electrónico, un teléfono celular o una computadora; elementos que resultan imprescindibles para realizar las tareas del día a día.

La evolución de los dispositivos electrónicos no tiene precedentes. Es notable la diferencia existente entre productos de hace dos o tres años atrás, con respecto a los actuales. Se evidencian cambios en el *hardware*, *software* y en el diseño de los mismos. Esta constante evolución obliga a las personas a actualizarse continuamente y a adquirir aquellos dispositivos que permitan dar el mejor uso de los servicios e información disponibles. Por lo tanto, la pregunta que cabe realizar es, dónde terminan aquellos dispositivos electrónicos que se vuelven obsoletos.

Según datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas cerca de 50 millones de toneladas de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) fueron generadas en el año 2012 (Vidal, 2013). Este es un dato alarmante, más aún si se menciona que gran parte de esa cantidad termina en vertederos o es incinerada.

Cabe destacar que los componentes presentes en los dispositivos electrónicos resultan nocivos tanto para el medio ambiente como para el ser humano. Plomo, Estaño, Cobre, Policloruro de Vinilo (PVC), Retardantes de llama Bromados, Bario, Cromo, Mercurio, Berilio y Cadmio son algunos de los químicos que se pueden hallar en una computadora personal (PC) o laptop, por ejemplo.

Parte de los residuos electrónicos que se destinan para el reciclaje son exportados a países en desarrollo o a distintos lugares en Asia, como la India y China, en donde abunda la mano de obra barata y las regulaciones para el correcto procesamiento de este tipo de desechos son prácticamente inexistentes. Se observa a niños, adultos y ancianos

quemando pilas de cables para obtener el cobre, calentado y golpeando placas electrónicas para obtener plomo, sumergiendo en ácido componentes que contienen oro y otros metales preciosos para lograr su extracción; todas y cada una de estas tareas realizadas al aire libre. (Carrol, 2008).

Aunque en algunos países desarrollados existen organizaciones que obligan a las empresas a utilizar componentes menos nocivos en la producción de dispositivos electrónicos y establecen un control sobre el reciclaje de basura electrónica, el problema está lejos de ser solucionado. Sin embargo, con un compromiso mayor por parte de las empresas y las personas, podría haber mejoras considerables en relación a la producción, uso y desecho de este tipo de productos.

Las variables a analizar de la problemática que conlleva la basura electrónica son numerosas, así como también los lugares y contextos en donde es identificable. Por ello, sin dejar de establecer un panorama general de la situación a nivel global, el trabajo va a estar enfocado puntualmente en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y se hará referencia al desecho y reciclaje de pilas y baterías.

Las pilas y baterías son componentes esenciales para el funcionamiento de productos electrónicos inalámbricos, al agotarse, su correcto desecho y posterior tratamiento cobra gran importancia. En su composición las baterías y pilas presentan metales pesados y componentes tóxicos. Al ser desechadas inapropiadamente contaminan el agua y el suelo, produciendo un impacto considerable en el medio ambiente y la salud de las personas.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el tratamiento que reciben las pilas y baterías no difiere del resto de los residuos sólidos. No existe un sistema bien adaptado en donde se contemple la recolección y posterior reciclado de las mismas, y tampoco es fácil hallar lugares a donde se puedan llevar.

A pesar de que la responsabilidad del correcto tratamiento de residuos recaiga en gran parte en las empresas dedicadas a dicha tarea, para lograr una mejora o solución para este problema se necesita un compromiso por parte de toda la sociedad. Por dicho motivo, para el desarrollo del presente Proyecto de Graduación (PG), se tiene como objetivo general, el diseño de un contenedor de pilas y baterías para su posterior recolección y transporte hacia los establecimientos que más eficientemente traten este tipo de residuos, dentro del contexto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Como objetivos específicos se pretende analizar las consecuencias que conlleva el tratamiento incorrecto de residuos electrónicos con el fin de explorar alternativas en cuanto a su uso y disposición final. Además, se indagará acerca de las leyes y regulaciones que operan en diferentes países desarrollados en relación al tratamiento de residuos electrónicos, con el fin de evaluar una posible aplicación a nivel local. Por otra parte, se estudiarán las consideraciones que se deben tener en cuenta para el diseño de productos electrónicos más ecológicos con la intención de que sean aplicadas a futuro, y finalmente, se dará cuenta del estado actual en relación al tratamiento de residuos electrónicos a nivel local.

El trabajo pertenece a la categoría de Proyecto Profesional por su intención de buscar una solución a un problema actual, mediante el desarrollo de un producto que va a operar dentro de un sistema particular, con el fin de mejorar el estado actual de la situación. La línea temática hace referencia al Diseño y Producción de Objetos, Espacios e Imágenes.

El aporte del trabajo en relación al objetivo general, va a estar dado por el desarrollo de un producto que brinde una solución al menos para una de las instancias del problema referido al tratamiento de pilas y baterías desechadas. En relación a la disciplina, el PG pretende servir como referencia para el diseño de productos electrónicos más responsables, en cuyo

desarrollo se contemple el ahorro de recursos y conservación del medio ambiente y salud de las personas

Para el desarrollo del PG se van a tener en cuenta los trabajos que anteceden al mismo, producidos dentro del ámbito académico de la Universidad de Palermo. Los mismos sirven como soporte para la temática abordada dentro del proyecto y como guía para el desarrollo del mismo. Son un total de diez proyectos de graduación, que se describen a continuación.

Stuffrein, A. (2013). *El mueble, otro destino para la basura electrónica*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. La autora aborda la temática de la basura electrónica y su impacto en el medio ambiente y la salud de las personas. Se analiza el origen del problema y su evolución a lo largo del tiempo así como también las medidas que se llevan a cabo para el control de este tipo de residuos. Se estudia el problema tanto a nivel global como local.

Como el objetivo general se centra en el diseño de mobiliario a partir de la reutilización de residuos electrónicos, se desarrollan temáticas que hacen referencia al diseño de interiores, diseño sustentable y diseño industrial. El trabajo representa el antecedente que mayor relación guarda con el PG a desarrollar, ya que aborda la misma temática planteando una solución distinta.

Bruce, G. R. (2012). *Ahorro y eficiencia energética para un planeta sustentable, La problemática del ahorro energético en los dispositivos electrónicos*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. En el trabajo se aborda principalmente la problemática actual del consumo desmedido de energía y sus consecuencias a nivel local y global, siendo estas, el agotamiento de los recursos naturales y el impacto ambiental que conlleva la producción de energía para abastecer a la población.

En relación a los recursos naturales utilizados para producir energía, el enfoque está puesto en la utilización del petróleo. Se analizan, entre otras cosas, cuestiones que tienen que ver con el agotamiento de dicho recurso a nivel mundial y la situación que se da en el país en relación a la explotación de este hidrocarburo. En la última etapa del trabajo se hace referencia a las alternativas que existen para producir energía y las maneras en que su uso se puede dar más eficientemente. Concluye con el diseño de un producto eléctrico en donde se contempla el ahorro energético. Se elige como antecedente ya que las temáticas abordadas, como el consumo de energía de productos electrónicos, así como también el aprovechamiento de recursos, sirven como soporte para el desarrollo del PG.

Meade, P. J. (2013). *Basura cero, Diseño de un sistema eficaz de separación en origen para el reciclado de los residuos sólidos*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. El autor aborda la temática del tratamiento de los residuos sólidos dentro de un área específica de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se hace hincapié en la separación de residuos para su posterior reciclado y el rol que pueden llegar a cumplir las personas desde sus hogares.

Se analiza el tratamiento que reciben los residuos sólidos y su impacto en el medio ambiente. A partir de dicho análisis se exponen maneras para aprovechar ciertos residuos que pueden llegar a ser reciclados y se estudia la posibilidad de separar los mismos desde el hogar. El trabajo se incluye como antecedente por su relación con la temática del tratamiento de residuos. A pesar de que los residuos sólidos incluyen una amplia variedad de objetos o productos, algunos residuos electrónicos se inscriben dentro de esta categoría.

Sauri y Torres, F. J. (2012). *Energía renovable*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. En el trabajo se describe la evolución que hubo y sigue habiendo en relación a los dispositivos



electrónicos y el uso que se da de los mismos en un ámbito agreste. Se analiza el uso de las baterías en los dispositivos inalámbricos y las falencias que presentan. A partir de esto se propone diseñar un generador de electricidad unipersonal y transportable que brinde una solución al problema del agotamiento de la energía en este tipo de dispositivos.

El PG a desarrollar guarda relación con el trabajo ya que en parte aborda la temática del uso de baterías en los dispositivos electrónicos e intenta buscar una solución para efectivizar su operatividad. Más allá de que el objetivo general no se centre en los residuos electrónicos el resultado final se puede entender como una solución desde el diseño para lograr un uso más eficiente de pilas o baterías.

Fernández Besada, M. A. (2012). *Sustentabilidad integrada, tres ejes para un desarrollo responsable*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. La autora hace referencia a la necesidad de lograr un desarrollo sustentable en base a tres ejes diferentes, el económico, ecológico y social. Cada una de estas variables debe ser considerada para la producción de objetos más sustentables.

Se analizan cada uno de los ejes independientemente y en base a lo expuesto se busca lograr su aplicación. Para ello, se establece como limitante geográfica la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y se estudia la problemática de los residuos sólidos en la misma. La necesidad de lograr una producción más sustentable guarda relación directa con el PG a desarrollar, ya que los residuos generados a partir de productos electrónicos caídos en desuso son el resultado de un sistema con falencias muy grandes en donde prima el eje económico por sobre el resto.

El hecho de lograr un sistema integrado de estos tres ejes para la producción de objetos electrónicos reduciría en gran medida el impacto que estos generan en el medio ambiente y las personas. A su vez el análisis del tratamiento de residuos sólidos en la Ciudad

Autónoma de Buenos Aires guarda relación directa con uno de los capítulos del PG a desarrollar.

Giordano, A. E. (2012). *Accesorios artesanales, una propuesta desde el diseño sustentable*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. En el trabajo, la autora hace referencia al uso de accesorios que complementan las piezas de indumentaria. Establece una diferencia entre aquellos accesorios producidos de forma seriada y los que se producen de manera artesanal, alegando que los productos seriados pierden identidad y no poseen las características únicas de un producto artesanal.

A partir de lo expuesto anteriormente, se propone utilizar materiales que las personas desechan y generar una serie de accesorios de manera artesanal, encontrando un nuevo destino para aquella basura que terminaría contaminando el medio ambiente. Se elige como antecedente el presente trabajo porque los materiales a partir de los cuales se pretenden realizar los accesorios son componentes de dispositivos electrónicos desechados y el hecho de buscar una solución o destino alternativo para este tipo de desechos guarda una gran relación con el PG a desarrollar.

Vadalá, L. (2013). *Eco y Diseño, la otra cara de la moneda*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. En el trabajo, el autor aborda el concepto de diseño ecológico y el accionar de las empresas ante el impacto ambiental que genera la producción, uso y desecho de sus productos. Establece que los intereses de una empresa se centran en la rentabilidad económica por sobre el cuidado del medio ambiente y en esquivar la legislación existente para la producción de productos más ecológicos. Según el autor, es necesario lograr un equilibrio entre rentabilidad y ecología dentro de una empresa. A su vez, establece que la

responsabilidad recae tanto en la empresa como en los consumidores, para lograr un sistema más ecológico.

Este sistema de producción y consumo desmedido forma parte del problema a analizar en el PG. La gran cantidad de residuos electrónicos que se generan es producto de un sistema en donde los intereses están puestos en la rentabilidad por sobre una producción responsable.

Massot, M. (2013). *La impronta ecológica en el Diseño Industrial*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. La autora analiza el concepto de ecología en relación al diseño industrial. Se hace referencia al diseño ecológico como una alternativa que las empresas deben buscar en el desarrollo de sus productos con el fin de preservar los recursos y el medio ambiente. A su vez se estudia la ambigüedad que existe en algunos productos ecológicos, en donde su imagen o ciertos aspectos de su desarrollo podrían considerarse ecológicos, pero el producto en un todo no lo es. Se elige el trabajo como antecedente por el énfasis de su contenido en el diseño ecológico como alternativa para el desarrollo de productos y su rechazo a la producción irresponsable, que se muestra como una de las causantes de la gran cantidad de desechos que se producen, incluidos los residuos electrónicos.

Hirsch, B. E. (2012). *Ciudad, consecuencia de la sociedad, conformación de Buenos Aires*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. En el trabajo se analiza al hombre como conformador de la ciudad, alegando que es quien influye directamente en la concepción y estructuración de la misma. Esto hace que las ciudades posean una identidad propia que las caracteriza. La autora parte de un análisis en donde se estudian aquellos factores que hacen de una ciudad lo que es y cómo las actividades del hombre influyen en su concepción. Finalmente hace

referencia al tratamiento de la basura en la ciudad y el rol que cumplen las personas en relación al manejo de la misma.

El hecho de abordar temáticas que tienen relación con el desarrollo de las personas en la Ciudad Autónoma Buenos Aires y el manejo de los residuos en la misma, hacen del trabajo un antecedente claro.

Martínez Borda, A. N. (2012). *La dosis hace al veneno*. Proyecto de Graduación. Facultad de Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Fundación Universidad de Palermo. En el trabajo, el autor hace referencia a las consecuencias que trae la producción y consumo desmedido de objetos. Se analiza el impacto medioambiental que generan las actividades del hombre en relación a la obtención de recursos y a la producción, uso y desecho de ciertos productos.

Se proponen alternativas para modificar el estado actual de la situación y el proyecto final guarda relación con la sobreproducción automotriz y la necesidad de hacer funcionar un sistema más eficiente, al menos en la ciudad, siendo este la implementación de ciclo vías o bicisendas. Se elige al trabajo como antecedente por las referencias hechas en relación a la sobreproducción de bienes y al manejo ineficiente de recursos.

Cada uno de los trabajos mencionados anteriormente, establecen una base para el desarrollo del PG, gracias a su aporte para entender el estado actual de diferentes problemas y su intención de brindar soluciones a los mismos. De ser necesario se hará referencia a alguno de ellos.

El presente PG se encuentra estructurado en cinco capítulos. La información incluida en cada uno de ellos sirve como sustento teórico para el desarrollo del objetivo general. Se parte de una mirada amplia del problema referente a la basura electrónica hasta llegar al análisis puntual referente al tratamiento de pilas y baterías.

En el capítulo uno, se aborda la problemática de la basura electrónica en un nivel global. Se establece la cantidad de residuos que generan aquellos países que más producen y consumen Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), se describen las consecuencias que trae para el medio ambiente y las personas el manejo indebido de los RAEE, y finalmente, se analizan las medidas aplicadas por los países más experimentados en cuanto a regulación y legislación de este tipo de residuos.

El capítulo dos hace referencia a aspectos más técnicos referidos al tratamiento de los RAEE. Se desarrollan temas que abarcan la reutilización y reciclaje de basura electrónica. A su vez, se analizan las medidas a tener en cuenta desde el diseño de AEE para lograr una mayor eficiencia productiva y reducir el impacto ecológico que genera su fabricación, uso y desecho.

En el capítulo tres se hace referencia al uso y desecho de pilas y baterías. Se estudian los diferentes tipos y el uso que se da de las mismas en los AEE. A su vez, se indaga acerca del tratamiento que reciben a la hora de ser desechadas, así como también, la legislación y regulación implementada por diferentes países en relación a su tratamiento y reciclaje.

En el capítulo cuatro se aborda la problemática de los RAEE en el contexto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se analizan las maneras en que se desechan y recolectan este tipo de residuos y el tratamiento que reciben. A su vez, se indaga acerca de la legislación y regulación de la basura electrónica con el fin de establecer la existencia de un canal diferenciado para el desecho y tratamiento de los residuos. En última instancia se hace hincapié en un tema puntual referido al desecho y reciclaje de pilas y baterías.

El capítulo cinco representa el sustento teórico para el desarrollo del objetivo general del PG. Se realiza un análisis contextual con el fin de identificar las variables a tener en cuenta para el diseño del contenedor. A su vez, se evalúan aquellas medidas llevadas a cabo en otros países para la recolección y reciclaje de pilas y baterías. Se tiene en cuenta por

ejemplo, los contenedores utilizados, los puntos de recolección y la logística de los residuos. Finalmente, una vez desarrollada la propuesta, se describen las características generales y se muestran ejemplos del uso del producto.

A lo largo del trabajo se intenta dar uso de las herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de diseño industrial. Los temas abordados guardan estrecha relación con la disciplina e intentan servir de guía para lograr un desarrollo sustentable en relación al diseño, producción, uso y desecho de AEE.

## **Capítulo 1. Basura electrónica**

El manejo de la basura electrónica se está convirtiendo en uno de los problemas de polución más importantes a nivel mundial. La rapidez con que evoluciona la tecnología y el recambio constante de dispositivos eléctricos y electrónicos ha producido un crecimiento alarmante en la cantidad de residuos provenientes de este sector.

A pesar de las iniciativas llevadas a cabo a nivel mundial para lograr un correcto tratamiento de este tipo de residuos y alcanzar una producción más responsable, el problema está lejos de ser solucionado.

Los problemas asociados al tratamiento de los RAEE van, desde el desecho de los mismos en basurales, hasta la comercialización o exportación hacia países en desarrollo, en donde ante la falta de regulación y la gran cantidad de mano de obra, son reciclados informalmente a costa de la salud de las personas y del medio ambiente (Kiddee, Naidu, Wong, 2013).

En este capítulo se exponen algunos de los problemas asociados al tratamiento de residuos eléctricos y electrónicos, y a su vez se analiza el marco legal y regulatorio implementado por los países desarrollados, con el fin de establecer las maneras más eficientes de afrontar la sobreproducción y desecho de dispositivos eléctricos y electrónicos.

### **1.1. La escala del problema**

Con el correr de los años el uso de dispositivos eléctricos y electrónicos se ha vuelto cada vez más común. Se ofrecen como herramientas que facilitan la realización de tareas cotidianas que forman parte de la vida de cada ser humano y, en algunos casos, se han vuelto indispensables en la vida moderna. El uso de celulares, computadoras, *laptops* y

otros dispositivos resulta esencial para algunas personas, ya sea porque realizan su trabajo con ellos o porque son las únicas herramientas con las que cuentan para comunicarse y compartir información. A su vez, se puede apreciar el uso de dispositivos electrónicos en distintas áreas referentes a la medicina, la educación, seguridad, protección ambiental, entre otras.

Aunque el uso de productos eléctricos y electrónicos facilita muchas de las tareas que realiza una persona particular o una institución, la constante evolución tecnológica, los cambios en la manera de procesar la información, la moda y el sistema en el cual se comercializan este tipo de productos, hacen que el recambio sea constante y se produzca una gran cantidad de desechos proveniente de dispositivos eléctricos y electrónicos caídos en desuso.

Según un reporte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el peso total de los dispositivos electrónicos que entraron al mercado en países de la Unión Europea en 2005 era de 9.3 millones de toneladas, que representaban 44 millones de electrodomésticos, 48 millones de computadoras de escritorio y *laptops*, 32 millones de televisores y 776 millones de lámparas. En China, que es considerado el segundo productor más grande de basura electrónica, se vendieron 14 millones de computadoras en el año 2005, a su vez, en el año 2001 se comercializaron 48 millones de televisores, 20 millones de heladeras y 7.5 millones de acondicionadores de aire. Si se toma en cuenta el crecimiento anual, hasta la actualidad, de los AEE, las cifras se tornan alarmantes (Schluep et al., 2009).

En Estados Unidos (EEUU) la Agencia de Protección Ambiental (2007) determinó que entre 26 y 37 millones de computadoras se volvieron obsoletas para el año 2005, y con ellas, televisores, celulares y monitores, logrando una cifra estimativa de 304 millones de dispositivos electrónicos desechados. El peso de la basura electrónica generada ese año



representa 2.2 millones de toneladas, de las cuales, entre 1.5 y 1.8 millones de toneladas fueron desechadas en basurales y solo, entre 345.000 y 375.000 toneladas fueron recicladas. Cabe destacar que EEUU es el principal productor de basura electrónica a nivel mundial.

Actualmente, entre 20 y 25 toneladas de dispositivos eléctricos y electrónicos se producen anualmente, siendo Europa, Estados Unidos y Australia los mayores productores a nivel mundial. Europa del Este y América Latina están en vías de convertirse, también, en grandes productores a nivel mundial para los próximos años (Robinson, 2009).

Cada uno de estos productos descartados inapropiadamente sin un correcto procesamiento, generan un impacto considerable en el medio ambiente y la salud de las personas, ya que contienen materiales muy contaminantes, como el Litio o el Plomo, capaces de filtrarse al suelo o agua. El reciclaje o reuso de este tipo de residuos, por lo tanto, resulta esencial. Más, si se tiene en cuenta que al reciclarlos vuelven a ser aprovechables metales pesados, plásticos, metales preciosos, entre otros. Claramente, los RAEE representan un serio problema, no solo en términos del tratamiento y desecho que reciben, sino también en el contexto más amplio de sustentabilidad y manejo de recursos finitos. (Goosey, 2009).

## **1.2. Desecho de residuos eléctricos y electrónicos**

Los problemas que trae aparejado el tratamiento incorrecto de residuos eléctricos y electrónicos son variados. Como se ha mencionado anteriormente, el medio ambiente y las personas son los que se ven afectados en mayor medida.

Aunque se crea estar alejado de los problemas asociados al tratamiento y desecho de los RAEE, la relación es mucho más cercana. Solo hace falta abrir algún cajón en cualquier

mueble de hogar para encontrar pilas agotadas, celulares, teclados o cables que no poseen ninguna utilidad.

Es necesario tomar conciencia de los daños producidos por este tipo de residuos y afrontar una postura más responsable en cuanto a su tratamiento y desecho.

### **1.2.1. Toxicidad de sustancias peligrosas en los RAEE**

Existe una amplia variedad de componentes elaborados a partir de distintos materiales en los dispositivos electrónicos, muchos de los cuales resultan nocivos para el ser humano si se entra en contacto con ellos. A su vez, teniendo en cuenta el nivel de toxicidad de estas sustancias, sin un correcto procesamiento y tratamiento de los RAEE, el impacto medio ambiental que se genera tiene una importancia significativa. Existen más de 1000 sustancias tóxicas asociadas a los RAEE, de las cuales las más comunes provienen de los metales tóxicos como, Bario, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Lantano, Mercurio, Manganeso, Molibdeno, Níquel y Plata; y de los contaminantes orgánicos persistentes, como la Dioxina, Retardantes de Llama Bromados, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Bifenilos Policlorados y Cloruro de Polivinilo (Puckett et al., 2002).

La exposición a sustancias peligrosas de los RAEE se puede dar de tres maneras diferentes, a través del reciclaje informal de los RAEE, a través del reciclaje en instalaciones armadas específicamente para dicha función, y finalmente, a través de elementos en el ambiente que presenten cierto grado de contaminación (Kristen et al., 2013).

El impacto que generan en la salud de las personas las sustancias que componen los RAEE es alarmante. El pueblo de Guiyu en China, es un asentamiento en donde se lleva a cabo el reciclaje informal de los RAEE y sus habitantes están expuestos constantemente

a aquellas sustancias nocivas provenientes de la basura electrónica. Según estudios analizados por la revista médica *The Lancet Global Health*, llevados a cabo en este pueblo ubicado al sudeste de China, la exposición a sustancias tóxicas en la basura electrónica genera, entre otras cosas, alteraciones en el crecimiento, anomalías en la función tiroidea, problemas en relación a la salud reproductiva de las personas, fallas pulmonares y cambios en el funcionamiento del cuerpo a nivel celular. Se registraron, por ejemplo, resultados adversos perinatales y neonatales que incluían, alteraciones en el crecimiento del feto, bajo peso al nacer, parto prematuro y muerte fetal para hijos de madres expuestas a diferentes tipos de contaminantes orgánicos persistentes y al Cadmio (Grant, 2013).

Aunque el ejemplo de Guiyu se muestra como un caso extremo de contaminación por sustancias tóxicas presentes en los RAEE y está lejos de la realidad de muchas personas, se debe ver como un ejemplo para tomar conciencia de la gravedad que presenta el desecho y reciclaje inapropiado de este tipo de residuos y las posibles implicancias para con la salud de las personas y el cuidado del medio ambiente.

### **1.2.2. Desecho en basurales**

Un ejemplo más cercano que hace referencia al tratamiento de residuos electrónicos de manera inapropiada, es el desecho en basurales o rellenos sanitarios.

Uno de los problemas que conlleva el desecho de residuos sólidos en basurales es la eventual filtración, con el paso del tiempo, de sustancias tóxicas al suelo y agua. Por lo tanto, resulta de gran importancia que aquellos residuos destinados a los basurales sean los menos nocivos para el medio ambiente.

A pesar de que los basurales o rellenos sanitarios más modernos estén sellados para prevenir filtraciones de sustancias tóxicas hacia el suelo o agua, no hay manera de

asegurar la efectividad de este sellado a largo plazo. Un problema mayor se da en aquellos basurales de más antigüedad, en donde a pesar de tener conocimiento de las filtraciones se siguen desechando todo tipo de residuos. Hay evidencia suficiente para demostrar que aquellos vertederos que aceptan residuos electrónicos y aquellos que los contienen, causan a futuro la contaminación del suelo y agua (Schmidt, 2002).

El Mercurio, el Plomo y el Cadmio son sustancias con un alto grado de toxicidad y todas fueron halladas en muestras de filtraciones de los rellenos sanitarios. El Mercurio, por ejemplo, puede encontrarse en disyuntores que al romperse liberan esta sustancia, el Plomo se encuentra en ciertos tipos de vidrio como los tubos de rayos catódicos de viejos televisores, a su vez hay ciertos tipos de plásticos que contienen Cadmio, que al ser desechados en los basurales provocan que esta sustancia se filtre hacia el suelo y el agua. Además de las filtraciones el desecho de los RAEE en basurales trae consigo otros problemas. Hay ciertas sustancias contenidas en los desechos que tienden a vaporizarse, por ejemplo, el Mercurio al ser muy volátil puede llegar a dispersarse en el aire de esa manera. A su vez los basurales son propensos a incendiarse lo que provoca una liberación de humo tóxico que también se propagaría por el aire (E-Waste Guide, 2009).

Independientemente de la tendencia global por el movimiento de basura cero, el número de rellenos sanitarios ha ido aumentando tanto en países en desarrollo como en países desarrollados (Kiddee, Naidu, Wong, 2013).

El impacto que genera el desecho de los RAEE en basurales o rellenos sanitarios podría reducirse en gran medida si anteriormente se reciclaran los dispositivos electrónicos de manera de extraer aquellos componentes y sustancias más nocivas. A su vez se tendría que tener en cuenta la capacidad del basural para recibir este tipo de residuos.

### **1.2.3. Exportación de los RAEE**

Existe mucha preocupación a nivel mundial por parte de las organizaciones abocadas al control de los residuos eléctricos y electrónicos, en relación al flujo de este tipo de desechos entre distintos países.

El principal problema radica en la exportación de los RAEE hacia países en desarrollo o países asiáticos, en donde personas de bajos recursos dedican su tiempo al reciclaje informal de este tipo de residuos provocando daños a su salud y al medio ambiente.

Los RAEE son exportados por tres razones diferentes: para re-uso, para su recuperación o para reciclaje. En la exportación de los residuos se pueden distinguir tres actores diferentes, siendo estos: agencias para el desarrollo, inmigrantes establecidos en países de donde parten los residuos y firmas privadas dedicadas al reciclaje de los RAEE (Salehabadi, 2013).

En el caso de las agencias para el desarrollo, las mismas se dedican principalmente a la recolección de viejos equipos para ser exportados a países en desarrollo, con el fin de reducir la brecha existente en relación a la capacidad tecnológica de cada región.

En el caso de los inmigrantes, los mismos están asentados en lugares cercanos a los puertos de países exportadores desde donde pueden dirigir el destino de los residuos eléctricos y electrónicos. Los mismos exportan los residuos a sus países en donde familiares, amigos o conocidos los revenden o los comercializan por partes. Como el costo por exportación de residuos para re-uso difiere del de reciclaje, se llenan los contenedores con una carga que contiene dispositivos que aún funcionan y debajo agregan aquellos residuos eléctricos y electrónicos inutilizables (Salehabadi, 2013).

Finalmente están las firmas privadas, que actúan como intermediarias en la compra y venta de AEE caídos en desuso y reciben una comisión por las transacciones realizadas. Al igual

que los inmigrantes, toman ventaja de las diferentes tarifas en relación a la exportación para la reutilización o reciclaje e intentan evadir costos ligados a este tipo de actividad. Según la Interpol, la exportación de bienes descartados hacia países pobres es considerada legal si los mismos pueden ser reparados o reutilizados, sin embargo, muchos de estos bienes encuentran su destino en África o Asia con pretensiones falsas en relación a su utilidad final (Salehabadi, 2013).

Vastas cantidades de RAEE están siendo movidas alrededor del planeta hacia países en desarrollo, en donde métodos de reciclaje informal son llevados a cabo, provocando la contaminación del suelo, agua y aire. A su vez, como se ha mencionado anteriormente, estas prácticas conllevan un impacto significativo en la salud de las personas por los agentes tóxicos encontrados en este tipo de residuos. Guiyu y Taizhou en China, Gauteng en Sudáfrica, Nueva Delhi en la India, Accra en Ghana y Karachi en Paquistán, son conocidos como los centros de reciclaje informal más grandes (Kiddee, Naidu, Wong, 2013).

A pesar de lo mencionado anteriormente el reciclaje de los RAEE, bajo un ambiente controlado y según la legislación correcta, se muestra como una alternativa muy interesante para la recuperación de materiales reutilizables. No solo se favorece el cuidado del medio ambiente y la salud de las personas, sino que resulta una actividad muy rentable si se tiene en cuenta que muchos de los dispositivos electrónicos están compuestos por materiales valiosos como el oro. Se debe lograr un mayor compromiso por parte de todos los países para revertir la situación actual y lograr que el tratamiento de los RAEE se lleve a cabo de la mejor manera posible.

### **1.3. Legislación y regulación de los RAEE**

El principal camino para encontrar una solución a los problemas asociados a la producción, uso y desecho de AEE es a través de un sistema regulatorio que controle cada de estas etapas, con el fin de conservar los recursos, garantizar un consumo más responsable y preservar la salud de las personas.

Se han ido aplicando una serie de leyes y regulaciones que dan cuenta de la Responsabilidad del Productor para con el diseño, fabricación y tratamiento posterior al desecho, de artefactos eléctricos y electrónicos. Los líderes en cuanto a la aplicación de leyes regulatorias para el tratamiento de los RAEE son aquellas naciones más avanzadas, dentro de las cuales se encuentran algunos países de la Unión Europea, Japón y ciertos estados de Canadá y Estados Unidos (Kiddee, Naidu, Wong, 2013).

Generalmente las leyes y regulaciones implementadas en otros países son adaptaciones de aquellas que operan en las naciones mencionadas anteriormente. Las mismas han sido pioneras en la formulación de leyes para tratar la problemática de la basura electrónica.

#### **1.3.1. Europa**

Teniendo conocimiento de las implicancias existentes en el manejo indebido de residuos eléctricos y electrónicos, la Comisión Europea (CE) ha establecido una serie de normas que hacen hincapié en el concepto de Responsabilidad del Productor para con los objetos que comercializan en el mercado. El objetivo es lograr una producción más responsable y reducir el desecho de basura en rellenos sanitarios. Se fomenta la reutilización de dispositivos electrónicos caídos en desuso y nuevas formas de recuperar material útil. A su vez, la normativa establecida limita la utilización de ciertos materiales para la manufactura y establece límites en el consumo de energía de los AEE (Goosey, 2009).

Al hablar de Responsabilidad del Productor se hace referencia al rol que debe cumplir en relación al reciclaje y recuperación de AEE en el final de su vida útil. A su vez, se considera al productor responsable de lograr un diseño más eficiente en cuanto a la administración de recursos y funcionalidad de cada uno de sus productos (Goosey, 2009).

En Europa existe una gran cantidad de directivas y normas regulatorias que abordan la temática del diseño, producción y desecho de los AEE, sin embargo, entre las más conocidas se encuentra, la directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (WEEE), que a grandes rasgos, controla la producción y tratamiento de desechos; la directiva para Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS); la *Energy-using Products Directive* (EuP), que hace hincapié en la regulación del consumo de energía de ciertos productos y en llevar a cabo un diseño más ecológico de los mismos; y finalmente, las regulaciones establecidas por el ente de Regulación, Evaluación, Autorización y Restricción de Químicos (REACH, por su siglas en inglés), que determinan la restricción de distintos químicos que integran la materia prima con que se fabrican los AEE (Goosey, 2009).

Profundizando aún más en cada una de las directivas y regulaciones, las funciones específicas de la Directiva WEEE tienen que ver con la reducción del volumen de desechos producidos y la cantidad que termina en rellenos sanitarios, incrementar la recuperación y reciclaje de los RAEE, y reducir el impacto medio ambiental que generan los residuos. Dentro de los objetivos impuestos por la directiva se encuentran: la recolección diferenciada de los RAEE, el tratamiento a recibir establecido en estándares acordados, el reciclaje y recuperación de acuerdo a metas establecidas, lograr que los gastos de recolección sean abonados por el productor, incluir en el precio del producto los costos por recolección y reciclaje, que los distribuidores ofrezcan un servicio para recibir AEE caídos en desuso y lograr que los consumidores puedan devolver sus productos sin costo alguno para el correcto tratamiento de los mismos (Goosey, 2009).



En el caso de la directiva referente a la Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS), el objetivo es la protección de la salud de las personas y la conservación del medio ambiente mediante, y la restricción de ciertas sustancias consideradas peligrosas presentes en los AEE. Los productores deben asegurarse de que los artefactos que inserten en el mercado Europeo no contengan aquellas sustancias proscriptas en la directiva y que cumplan con todos los requisitos impuestos por la misma. Si el productor no cumple con las normativas establecidas puede verse forzado a retirar su producto del mercado. Igualmente, como no es posible eliminar por completo una sustancia determinada, se establecen límites en cuanto a la cantidad permitida a utilizar.

La directiva para el Consumo de Energía en Productos (EuP) establece ciertos requerimientos para el diseño de productos eléctricos y electrónicos. Desde un punto de vista ecológico del diseño la directiva obliga a los productores a evaluar cada una de las etapas a lo largo del ciclo de vida de un producto para lograr un desempeño más eficiente. Es un análisis que tiene en cuenta la materia prima con que se va a manufacturar el producto, la adquisición de la misma, cómo se va a llevar a cabo la distribución y transporte del producto finalizado, su *packaging*, instalación y mantenimiento, y también el tratamiento que pueden llegar a necesitar al final de su vida útil (Goosey, 2009).

La promoción del diseño ecológico lleva a que distintas consideraciones ambientales sean tenidas en cuenta a lo largo de todo el proceso de diseño. Tanto los productores como los consumidores se verían beneficiados por un diseño más responsable, en donde se contemple un manejo más eficiente de los recursos finitos. Finalmente las regulaciones referentes a la Registración, Autorización y Restricción de Químicos (REACH) establecen limitantes para la utilización de ciertos químicos en los materiales a utilizar en la manufactura de los AEE. La mencionada regulación se complementa con la RoHS (Goosey, 2009).

Cada una de las directivas y regulaciones mencionadas anteriormente son consideradas las de mayor relevancia en Europa. Sin embargo, cabe destacar que presentan ciertas diferencias en cuanto a su aplicación en distintos países del mencionado continente. Resulta imperativo lograr una estandarización de la legislación y regulación de los AEE para fomentar un consumo más eficiente y resolver los problemas devenidos del residuo de los mismos, no solo a nivel Europeo sino mundial. Se debe lograr una armonización entre las leyes de diferentes regiones para evitar una diferencia sustancial en cuanto al diseño, fabricación y desecho de AEE (Goosey, 2009).

### **1.3.2. Asia**

En algunos países del continente asiático, como la India o China, se han visto progresos durante los últimos años concernientes a la implementación de leyes y regulaciones para el control de la basura electrónica. Cabe destacar que estos dos países son referentes en cuanto al reciclaje informal de RAEE, por lo tanto, la regulación de este tipo de actividad resulta necesaria para encontrar una solución a los problemas asociados a esta actividad. Aunque ya se están tomando medidas, aún falta mucho para llegar a un sistema funcional que garantice el correcto tratamiento de los residuos. Sin duda el mayor referente en cuanto al correcto tratamiento y reciclaje de los RAEE en el continente asiático es Japón. Junto con algunos países europeos, han sido los pioneros en la implementación de leyes regulatorias para el control de la basura electrónica. Sin embargo, la manera en que se lleva a cabo el procesamiento de aquellos AEE caídos en desuso en Japón, difiere del continente europeo (Goosey, 2009).

La aplicación de la Ley para el Reciclaje de Aparatos Domésticos (HARL) ha forjado un sistema muy eficiente para el reciclaje de los RAEE y cubre cuatro grandes tipos de aparatos domésticos: televisores, heladeras, lavarropas y aires acondicionados. La ley

implementa un concepto totalmente diferente al que generalmente se aplica para aquellos aparatos caídos en desuso. Para lograr el reciclaje de los AEE los consumidores deben abonar una tarifa para que dicha actividad se lleve a cabo. Más específicamente la ley requiere que los consumidores paguen por el reciclado de los AEE que desechen, que los transportistas se hagan cargo de llevárselos a los productores y que ellos se encarguen a su vez, del reciclaje y la recuperación de partes valiosas (Goosey, 2009).

Uno de los elementos clave para el correcto funcionamiento de la ley, es la implementación de un sistema de identificación mediante tickets, que permiten la trazabilidad de los AEE hasta la planta de reciclado. Se establece un seguimiento constante del producto entregado y dicho sistema se encuentra regulado por un centro público de control perteneciente al estado, conocido como HAPA. Incluso el consumidor puede hacer un seguimiento del producto entregado vía Web (Goosey, 2009).

Una vez recolectados los residuos, aquellas instituciones encargadas del almacenamiento deben transportarlos hacia los centros de consolidación manejados por dos consorcios que integran los productores de AEE. Desde estos puntos de consolidación los residuos son llevados a distintos centros de reciclaje. Los consorcios, que se encuentran divididos en A y B, están integrados por las empresas más grandes dedicadas a la producción de AEE. Las empresas más pequeñas, que también se dedican a la producción de este tipo de productos, tienen la libertad de elegir distintas organizaciones para la recolección y reciclaje de sus productos (Goosey, 2009).

Las cuotas abonadas por los consumidores son transferidas a los productores mensualmente. La intención es cubrir los costos del almacenamiento de los AEE desechados en centros de consolidación, el transporte hacia los centros de reciclaje y el proceso de reciclaje en sí. Sin embargo, con la cuota no se cubren todos los gastos, por lo que los productores son los encargados de cubrir los costos restantes.

La principal diferencia con respecto a las leyes y regulaciones europeas es el alcance de la ley japonesa con respecto a la cantidad de AEE destinados al reciclaje. Mientras que en Europa se intenta abarcar hasta diez categorías de productos, en Japón solo se tratan cuatro. Sin embargo, según datos del gobierno japonés, el proceso implementado alcanza para cubrir el 80% del peso de productos eléctricos y electrónicos desechados. (Goosey, 2009).

### **1.3.3. América del Norte**

La necesidad de regular la producción y desecho de AEE en algunos países de América del Norte se ha vuelto un tema de creciente importancia. Los referentes en cuanto al manejo de los RAEE en el continente americano son Estados Unidos (EEUU) y Canadá, siendo el primero uno de los países que más basura electrónica genera a nivel mundial.

Generalmente la legislación aplicada para el control y tratamiento de la basura electrónica en ambos países tiene su basamento en el concepto de Responsabilidad del Productor, al igual que en los países que integran la UE. Sin embargo, a diferencia de los países europeos, la aplicación de una ley para el control de los residuos a nivel nacional en EEUU no es posible, ya que cada uno de los estados opera independientemente del resto. Canadá tampoco cuenta con una ley que rijan a nivel nacional, en su caso cada una de las provincias posee acuerdos diferenciados con las municipalidades que operan dentro de las mismas para el manejo de los RAEE (Kiddee, Naidu, Wong, 2013).

Existe cierta similitud entre las leyes que rigen en EEUU con respecto al tratamiento de la basura electrónica. A pesar de ciertas diferencias sutiles, todas hacen hincapié en la responsabilidad del productor para con el manejo de los RAEE. Maine, fue el primer estado en aplicar una ley de control y reciclaje de la basura electrónica. Según la legislación del lugar, el productor es el responsable de la recolección y reciclaje de los equipos que

produce. Sin embargo, cabe destacar que el estado solo se atiene al reciclaje de monitores y pantallas de televisión (Kiddee, Naidu, Wong, 2013).

En algunos estados como los de Michigan o Minnesota, la ley requiere que los productores de dispositivos electrónicos paguen una tarifa de registraci3n para permitir la venta de sus equipos. A su vez, deben participar activamente de programas de reciclado y fomentar el correcto desecho de los RAEE. Por otra parte, existen estados en donde la ley establece un m3nimo a ser reciclado por los productores. En Indiana, por ejemplo, la ley requiere que sea reciclado un 60% del peso de los dispositivos vendidos el a1o anterior, en el caso de no cumplir, se debe pagar una multa que aumenta por cada kilogramo faltante (Californians Against Waste, 2013).

En Canad3, al igual que en EEUU, no existe una ley nacional que regule el tratamiento de los RAEE. Cada provincia posee su propio sistema regulatorio basado en un Programa para la Gesti3n de Productos (PSP). Los programas pueden ser establecidos por diferentes empresas o industrias, sin embargo, deben contar con la aprobaci3n del gobierno para que se lleven a cabo. Aquellos productores que deseen vender AEE deben registrarse bajo alg3n programa de recolecci3n y reciclaje, lo que implica pagar una cuota por cada producto comercializado a las industrias o empresas que administran el programa. A su vez, los productores tienen la libertad de crear su propio programa, sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, para lograr su aplicaci3n se requiere la aprobaci3n del gobierno. Actualmente son ocho las provincias que han aplicado un sistema legislativo para el tratamiento de la basura electr3nica, entre ellas se encuentran: Ontario, Quebec, Columbia Brit3nica, Saskatchewan, Manitoba, Nueva Escocia, Isla Pr3ncipe Eduardo y Alberta (Fishlock, 2011).

Es dif3cil lograr que cada uno de los actores involucrados en la fabricaci3n, uso y desecho de productos electr3nicos logren dar con una soluci3n al problema si no es bajo un marco

regulatorio estricto. Desde el diseño hasta el desecho de AEE, cada una de las etapas debe ser tomada en cuenta para lograr un desarrollo sustentable y minimizar riesgos. Parte de la solución se haya en fomentar un trabajo responsable y difundir el conocimiento que se tiene hasta el momento.

## **Capítulo 2. Tratamiento de los RAEE**

Previo al desecho definitivo de RAEE en rellenos sanitarios o a la incineración de los mismos, existen métodos alternativos que ayudan a reducir significativamente este tipo de prácticas que resultan perjudiciales para el medio ambiente y la salud de las personas. Las acciones llevadas a cabo bajo los conceptos de re-uso de AEE, favorecen un desarrollo sustentable en donde los recursos implementados son aprovechados de una manera más eficiente. A su vez, es importante tener en cuenta el ciclo de vida completo de un producto eléctrico y electrónico, y anticiparse a problemas relacionados al re-uso o desecho de los mismos a través de un diseño más eficiente.

### **2.1. Desecho, recolección y transporte**

Los RAEE están compuestos por sustancias nocivas tanto para el ser humano como para el medio ambiente, por lo que requieren un proceso especializado de segregación, recolección, transporte, tratamiento y desecho. A lo largo del ciclo de vida de un aparato eléctrico y electrónico se suceden distintas etapas por las cuales atraviesa hasta llegar a su desecho definitivo.

Existe un modelo desarrollado por el *European Topic Centre on Waste and Material Flows* denominado Modelo de Flujo de Materiales, en el cual se describe el movimiento de AEE y los residuos que devienen de los mismos. En el modelo se distinguen cuatro fases que representan a grandes rasgos el ciclo de vida de un producto. La primera fase hace referencia a la producción y venta de los AEE, e incluye la importación de los mismos, así como también la reintegración de dispositivos usados o aquellos que fueron reparados. En la segunda se tiene en cuenta el consumo o uso de los dispositivos eléctricos y electrónicos en los hogares, oficinas o industrias. La tercera fase aborda la recolección de AEE caídos en desuso, incluido su posterior tratamiento y desecho, así como también la importación o

exportación de los mismos. Finalmente la cuarta fase hace referencia a los tratamientos y desecho alternativos para los RAEE. La recolección y transporte representan dos factores de gran importancia para cada una de las cuatro fases, sin embargo, cobran mayor significancia en las últimas dos fases del modelo (UNEP, 2012).

Un sistema eficiente de recolección y transporte de los RAEE aseguraría la posibilidad de reutilizar algunos componentes o productos, optimizaría el reciclaje de los mismos y favorecería el manejo de este tipo de residuos. Para lograr un sistema eficiente se debe, entre otras cosas, mejorar la accesibilidad de los centros de recolección, minimizar el recorrido de los objetos recolectados, minimizar la manipulación de los mismos, implementar métodos eficaces para la remoción de componentes con sustancias nocivas, segregar los dispositivos con posibilidad de ser reutilizados, y proveer información adecuada y consistente a los usuarios acerca del tratamiento y desecho de los RAEE. La recolección es el punto de partida para lograr un manejo eficiente de la basura electrónica. Se requiere la implementación de un sistema que garantice el *take-back* o devolución de aquellos AEE caídos en desuso. Generalmente la recolección de los dispositivos eléctricos y electrónicos se da a través de distintos canales. Existen tres canales de recolección que han probado ser los más eficientes a la hora de lidiar con este problema, siendo estos, los centros municipales de recolección, aquellos locales que reciben AEE caídos en desuso y los productores partidarios del *take-back system* o sistema de devolución (UNEP, 2012).

En el caso de los centros municipales de recolección, los consumidores dejan aquellos productos eléctricos y electrónicos que no funcionan en contenedores localizados en diferentes puntos de recolección. A su vez, se tienen en cuenta los tipos de productos que van a ser recibidos en cada punto, por lo que existen diferentes clases de contenedores para diferenciarlos y facilitar la tarea que deben realizar los transportistas. Puede que el servicio sea gratuito para un consumidor corriente, pero en algunos casos, los grandes negocios o comercios deben pagar por el mismo. La devolución de AEE caídos en desuso



a tiendas o locales que los comercializan, representa otro canal que ha probado ser eficiente. Puede que se reciban productos con la adquisición de uno nuevo o en algunos casos sin la necesidad de comprar nada. A su vez la devolución de un producto viejo puede darse en el momento en que el vendedor realiza el envío al hogar. Finalmente el tercer canal hace referencia a los productores que aceptan recibir AEE inutilizables. En este caso la devolución de los productos eléctricos y electrónicos se realiza directamente en los establecimientos de los productores o en centros de recolección administrados por los mismos (UNEP, 2012).

A pesar de la existencia de diferentes canales, es de suma importancia que la recolección y el transporte de los RAEE estén estructurados en un todo coherente que permita la implementación de un sistema eficiente. La ubicación de los centros de recolección en una ciudad o área geográfica, resulta determinante para facilitar y agilizar el transporte de lo recolectado. Los criterios de elección para la ubicación de centros de recolección y almacenamiento están dados por: el estudio de los consumidores para determinar los canales a ser utilizados, la cantidad de residuos a recibir, los tipos y cantidad de vehículos de transporte a utilizar, y las rutas y frecuencia de recolección (UNEP, 2012).

Cada una de las etapas que conlleva un manejo responsable de la basura electrónica debe operar eficientemente, desde la recolección al reciclaje o reparación. El sistema debe funcionar en conjunto y cada una de las partes estar involucrada para lograr el mejor resultado, desde los productores de AEE hasta las personas que los consumen. Sin un consenso general difícilmente se pueda avanzar en la resolución de este problema.

## **2.2. Re-uso**

Reutilizar materiales o componentes de AEE se muestra como una alternativa más que interesante para lidiar con los desechos que a partir de los mismos se generan. Siendo la

basura electrónica uno de los residuos de más rápido crecimiento en los últimos tiempos, encontrar nuevas formas de tratamiento resulta imperioso. Hay que tener en cuenta a su vez, que este tipo de residuos difiere en gran medida de otros. Los materiales y componentes que se encuentran en los dispositivos eléctricos y electrónicos son muy valiosos y, en un mundo donde el ahorro de recursos, junto con otras prácticas sustentables van ganando protagonismo, hallar maneras de reutilizar o reciclar estos materiales y componentes tendría sus réditos. De todas maneras, el re-uso de AEE caídos en desuso representa un actividad bastante compleja, por lo que entender cada una de las variables que hacen a la misma resulta primordial para llevarla a cabo.

### **2.2.1. Categorías existentes en el re-uso de AEE**

En muchos casos los AEE caídos en desuso encuentran su destino final en rellenos sanitarios o son incinerados. Además de los problemas medioambientales que traen estas prácticas, se debe tener en cuenta que muchos de los productos desechados representan una fuente de recursos muy importante, ya sea por los materiales que en los mismos se encuentran, como por la presencia de componentes que aún funcionan y pueden ser utilizados para diversos propósitos. El re-uso, por lo tanto, de productos eléctricos y electrónicos se muestra como una alternativa para lograr un manejo más eficiente de recursos, reduciendo de esa manera la huella ecológica producida por la fabricación, uso y desecho de los mismos.

El re-uso de AEE implica el reciclaje, la reparación, el reacondicionamiento y la re-manufactura de los mismos, sin embargo, cada forma de reutilización presenta sus diferencias. La reparación, el reacondicionamiento y la re-manufactura son distintos procesos de producción o postproducción en los cuales se utilizan componentes de

productos usados. Es necesario evaluar si un producto puede ser reutilizado bajo esos tres procesos, antes de optar por el reciclaje del mismo (Ijomah y Danis, 2012).

El reciclaje de un producto, a grandes rasgos, implica una serie de actividades a través de las cuales materiales desechados son recolectados, clasificados, procesados y luego utilizados para la fabricación de nuevos productos. La reparación, el reacondicionamiento y la re-manufactura se muestran como alternativas más eficientes para el aprovechamiento de recursos contenidos en AEE y presentan ciertas ventajas por sobre el reciclaje. Por ejemplo, la recuperación de un producto implica un proceso de adición, mientras que el reciclaje del mismo representa un proceso de reducción; en el primer caso se obtienen productos funcionales a partir de componentes existentes y en el caso del reciclaje se reducen componentes para la obtención de materia prima. El hecho de conservar la mayor cantidad posible de componentes en un producto desechado y lograr que funcione nuevamente, se traduce en un ahorro mayor de energía y recursos, situación que no se da con el reciclaje, ya que el gasto energético y de recursos se produce en dos etapas, primero en la reducción del material para obtener materia prima y luego para la fabricación de un nuevo producto a partir de la misma (Ijomah y Danis, 2012).

A pesar de los beneficios que trae optar por la recuperación de un producto, existen ciertos factores que deben ser tenidos en cuenta, ya que bajo ciertas circunstancias puede ser contraproducente para lograr un desarrollo sustentable. En algunos casos, permitir que un producto circule en el mercado mayor tiempo del necesario trae consecuencias no deseadas. Un ejemplo se da con aquellos productos nuevos que tienden a ser más amigables con el medio ambiente y resultan más rentables tanto para usuarios como para fabricantes, por lo que resulta más conveniente su uso, antes que productos viejos e ineficientes en cuanto al consumo de energía. Lo ideal sería que los conceptos que abordan la recuperación del producto, sean únicamente implementados cuando sea rentable e implique un beneficio para el medio ambiente (Ijomah y Danis, 2012).

### 2.2.2. Comparación entre opciones de re-uso

Como se ha mencionado anteriormente, dentro de las opciones para el re-uso de productos eléctricos y electrónicos se encuentran la re-manufactura, la reparación, el reacondicionamiento y el reciclaje. De todas maneras, en este caso se hará hincapié en aquellas opciones que contemplan la recuperación del producto, siendo estas la re-manufactura, la reparación y el reacondicionamiento; y se dejará para un desarrollo más específico a posteriori la opción del reciclaje.

Las tres opciones para la recuperación de productos presentan sus diferencias y son implementadas distintivamente según el objetivo a alcanzar. Es necesario realizar un análisis previo para determinar cuál es la más conveniente en diferentes casos.

Existe una jerarquización de las tres opciones que se basa en la cantidad de trabajo a realizar, la *performance* final del producto y el valor de la garantía. Cada una de estas variables sirve para determinar la calidad del trabajo realizado en relación a cada una de las opciones de recuperación de un producto. En esta línea de jerarquía la re-manufactura se muestra como la opción que más trabajo conlleva, pero que mejor *performance* obtiene y la que mayor garantía otorga. Seguida de la re-manufactura se encuentra el reacondicionamiento y finalmente la reparación (Ijomah y Danis, 2012).

La re-manufacturación es un proceso mediante el cual un producto usado es devuelto a un estado de funcionalidad lo más cercano posible a aquel determinado por sus especificaciones originales. Actualmente la re-manufactura resulta rentable para productos mecánicos y electromecánicos de gran tamaño que mantengan cierta estabilidad comercial en el mercado y en su tecnología. En algunos casos la re-manufactura puede conllevar una mejora o actualización de un producto. El reacondicionamiento es un proceso mediante el cual un producto usado es llevado a un estado funcional satisfactorio que puede ser inferior a lo que determinan las especificaciones originales. Generalmente, el producto posee una

garantía menor a la de uno nuevo y solo aplica para las partes o componentes de mayor desgaste. Finalmente la reparación es un proceso mediante el cual se corrigen fallas específicas de un producto usado. La calidad del producto final es menor a la de las opciones anteriormente mencionadas y la garantía es válida únicamente para los componentes que fueron reparados. (Ijomah y Danis, 2012).

No necesariamente la re-manufactura de un producto eléctrico y electrónico resulte siempre la más conveniente de las tres opciones. Aunque existen ejemplos exitosos como los de la empresa Xerox de fotocopiadoras, en donde hay casos de productos que son re-manufacturados hasta seis veces, el proceso no siempre se puede llevar a cabo debido a los altos costos de mano de obra y manufactura. Se requiere un criterio de elección para cada una de las opciones de re-uso, incluso para el reciclaje. Actualmente no existe legislación ni estándares de calidad para los productos reutilizados, por lo que resulta necesario un mayor compromiso para lograr una implementación más eficiente para cada una de las opciones de re-uso de un AEE (Ijomah y Danis, 2012).

### **2.2.3. Consideraciones para la reutilización de RAEE**

A pesar de los beneficios que conlleva la reutilización de productos eléctricos y electrónicos, existen ciertas consideraciones que deben ser tenidas en cuenta para lograr un tratamiento más efectivo a través de este método. Hoy en día, hay una falta de compromiso por parte de las empresas manufactureras y de diferentes organizaciones en relación a la implementación de un sistema organizado de re-uso de AEE. Los problemas o consideraciones a tener en cuenta están relacionados con: la variabilidad en los estándares y calidad de los productos reutilizados, la falta de criterio para determinar la calidad de productos reutilizados, el rol que cumple el diseño en la reutilización de

productos y la disponibilidad de información relacionada con los componentes, materiales y métodos apropiados para su reparación.

Comenzando por la variabilidad en los estándares y calidad de los productos reutilizados, el principal problema es la falta de legislación referida al re-uso de AEE. La legislación existente cubre las responsabilidades y requerimientos para el tratamiento efectivo de productos una vez definidos como basura, pero no para los productos reutilizados. Sin un marco regulatorio la definición de un estándar industrial no es posible. A su vez, estando la reparación o renovación de AEE en manos de especialistas independientes o de las mismas empresas manufactureras, las ofertas de mercado resultan variables y complejas. Ante una oferta tan variable una solución posible puede encontrarse en el establecimiento de estándares de calidad. Actualmente algunos productores identifican sus productos reutilizados bajo normas internacionales como las ISO o CEN. Incluso en Inglaterra, dentro de las normas BSI, existe una sección dedicada a los procedimientos de reutilización. De todas maneras este estándar sirve únicamente como una guía voluntaria y no existen acreditaciones o certificaciones que confirmen que son llevadas a cabo (Ijomah y Danis, 2012).

Las consideraciones de diseño son de suma importancia para optimizar el re-uso o renovación de AEE. Un producto elaborado con materiales resistentes, fácil de desarmar y con posibilidades de actualizarse tecnológicamente, reduce el impacto medio ambiental que podría llegar a generar. Aunque los costos de producción inicialmente sean mayores, un producto bien diseñado aumentaría su rentabilidad a largo plazo. Sin embargo, hay ciertas cuestiones que se encuentran fuera del control que posee un diseñador. Restricciones en el uso de ciertas sustancias que obligan a sacar productos del mercado en cuyo diseño se había contemplado la posibilidad de reutilización, la demanda de productos nuevos por parte de los consumidores, la moda y las prácticas prohibitivas de algunos productores, como el establecimiento de patentes, la propiedad intelectual y ciertos

procedimientos de manufactura, hacen del re-uso de AEE una actividad más compleja y difícil de llevar a cabo. Finalmente, la disponibilidad de información relacionada con los componentes, materiales y métodos apropiados para reparación o renovación de AEE, presenta ciertos inconvenientes también. Existe una clara diferencia entre aquellos especialistas independientes y las empresas manufactureras en relación a este tema. Resulta mucha más amplia la disponibilidad de componentes, materiales y conocimientos de método de trabajo en las empresas, que entre aquellas personas que llevan a cabo tareas de reparación por su cuenta. Incluso las condiciones y herramientas de trabajo varían, lo que lleva a la obtención de productos que poseen diferencias en proceso, calidad y precio (Ijomah y Danis, 2012).

En definitiva, se puede decir que implementar un sistema de reutilización para los AEE resulta extremadamente complejo. Existen muchas variables a tener en cuenta y se debe partir de un eje central para lidiar con cada una de ellas. No se puede hallar una solución inmediata, pero sí se puede lograr un avance paulatino hacia una mejora sustancial.

### **2.3. Reciclaje de RAEE**

El reciclaje es una actividad que se lleva a cabo para la reutilización de materiales contenidos en los RAEE, y representa una de las prácticas que mayormente se aplican para el tratamiento de este tipo de residuos. Como se ha mencionado anteriormente, los AEE están conformados por materiales de todo tipo. En algunos casos estos materiales son muy valiosos y escasos, por lo que reciclarlos implica un medio alternativo para la obtención de los mismos. Los métodos mediante los cuales se lleva a cabo el reciclaje de los materiales contenidos en RAEE han ido evolucionando constantemente, sin embargo, alternativas para lograr un reciclaje más efectivo deben tomarse en cuenta desde el momento que se diseña un producto. A su vez, el tratamiento que recibe la basura

electrónica antes de llegar al centro de reciclaje es de suma importancia para garantizar la obtención de materiales de calidad. El reciclaje de RAEE no es solo eso, existen varios factores de influencia los cuales deben ser atendidos con el mismo nivel de compromiso.

### **2.3.1. El rol de los materiales**

En los últimos años ha habido una evolución significativa en cuanto a la tecnología y prestaciones de diferentes tipos de AEE. A pesar de los beneficios que esto trae para las personas, el problema se produce con el recambio de determinado producto por uno más moderno y la necesidad de hallar una manera eficiente de lidiar con aquel objeto sustituido. Desecharlo sin evaluar anteriormente otras posibilidades, implicaría desaprovechar potenciales recursos presentes en los objetos en forma de energía o materiales. Como se ha mencionado anteriormente, dar uso de los recursos presentes en RAEE se muestra como una alternativa ecológica y más eficiente para el tratamiento de este tipo de residuos. Sin embargo, hay ciertos factores concernientes a la materialidad de los AEE que hacen del re-uso de los mismos una actividad compleja.

La composición matérica de los productos eléctricos y electrónicos es muy variada. Se ha desatado una preocupación creciente acerca del destino final de los materiales contenidos en los mismos, dado su potencial valor y el daño que en algunos casos producen al medio ambiente y las personas. Diferentes normas y regulaciones son implementadas a nivel mundial para lograr un mayor control sobre el uso y tratamiento de RAEE, produciendo cambios sustanciales en la materialidad de los productos, ya sea por la restricción en el uso de ciertas sustancias o la implementación de alternativas más eficientes. Un ejemplo reciente es el pasaje de productos eléctricos y electrónicos que contenían plomo, a aquellos libres de esa sustancia. El principal problema que conlleva este cambio de materialidad para ciertos productos, es la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías de



reciclaje que se correspondan con estos cambios. Por ejemplo, los viejos televisores de rayos catódicos requieren un tratamiento para el reciclaje muy diferente a aquellos cuya tecnología se basa en *displays* de cristal líquido (LCD) (Goosey, 2012).

Existen a su vez, problemas asociados a los plásticos a partir de los cuales son elaborados los AEE. Los diferentes tipos utilizados dificultan en gran medida el reciclaje. La principal razón está dada por la incompatibilidad de ciertos polímeros, en cuanto a características químicas y físicas, y los problemas que se presentan a la hora de segregarlos para obtener materia prima de calidad, es decir, sin la presencia de sustancias o materiales disímiles. A grandes rasgos, el reciclaje de materiales presentes en los AEE está dado por la obtención de componentes ferrosos, no ferrosos y de plásticos, a través de procesos de trituración, reducción y diferentes tecnologías de separación. Dada la disparidad de los materiales, lograr la separación y recuperación completa de los mismos resulta imposible teniendo en cuenta las limitantes económicas y técnicas existentes. De todas maneras, la recuperación de materiales a través del reciclaje de AEE, aunque no sea completa, representa una fuente alternativa para la obtención de recursos (Goosey, 2012).

Comprender el rol que cumplen los materiales en el reciclaje de RAEE es fundamental para establecer los procedimientos a llevar a cabo y lograr un manejo más eficiente de los mismos. Está en las empresas, a su vez, proveer información clara acerca de la composición química de sus productos y facilitar el reciclaje de los mismos a través de diseños en donde se contemple el desarmado y el uso racional de materiales. Sin embargo, no se puede pretender el funcionamiento de un sistema sin la organización y estructuración de todas sus partes. Cada una de las etapas en el reciclaje de basura electrónica tiene la misma importancia, priorizar unas sobre otras llevaría a un desbalance del sistema.

### **2.3.2. Desmantelamiento y pre-procesamiento de RAEE**

Se distinguen tres etapas diferenciadas en el reciclaje de RAEE representadas por: una etapa de recolección de los residuos, seguido por una referida al desmantelamiento y pre-procesamiento de los mismos, y una última etapa, que tiene que ver con el procesamiento final de algunos materiales. Habiendo sido desarrollada la temática referida a la recolección de residuos previamente en este capítulo, se hará hincapié en las últimas dos etapas del proceso.

Luego de la recolección de AEE caídos en desuso, los mismos son sometidos a diferentes procesos para recuperar componentes o materiales valiosos. Aunque existen diferentes procedimientos para el reciclaje de productos eléctricos y electrónicos dependiendo del producto a reciclar, a grandes rasgos el proceso implica: el desmantelamiento manual o automático de los mismos, una etapa de pre-procesamiento, la separación de los materiales obtenidos en la etapa anterior y el procesamiento final de algunos materiales (UNEP, 2009).

El desmantelamiento inicial al cual son sometidos los AEE que llegan al centro de reciclado, tiene como objetivo la extracción de fracciones o componentes nocivos que requieren un tratamiento diferenciado. Por ejemplo, previo al pre-procesamiento de dispositivos electrónicos, es necesario remover baterías, cartuchos de tinta o placas de circuito impreso, ya que requieren un tratamiento especial. A su vez, algunos componentes de los productos pueden encontrarse en perfecto estado de funcionamiento y ser destinados para la re-manufactura, renovación o reparación de otros productos. El proceso de desmantelamiento se puede dar de forma manual o automática. Cuando se da de forma manual, un número de operarios son los encargados de desarmar los productos, previo al pre-procesamiento de las partes. Para el caso del desmantelamiento automático, los productos pasan por una serie de trituradoras que los reducen. Luego, los componentes

triturados recorren una cinta transportadora en donde varios operarios retiran partes o piezas no deseadas. Hay casos en donde el desmantelamiento y pre-procesamiento de los AEE caídos en desuso se encuentra enteramente automatizado y no existe ninguna clase de intervención manual. Optar por uno u otro proceso depende del tipo de producto a tratar, la capacidad tecnológica de una planta y la rentabilidad que ofrece frente a otras opciones. Por ejemplo, previo al pre-procesamiento de dispositivos electrónicos, retirar manualmente las placas de circuitos impresos para su tratamiento, resulta más rentable y efectivo para la extracción de metales preciosos contenidos en las mismas (UNEP, 2009).

El pre-procesamiento de los productos eléctricos y electrónicos se da luego del desmantelamiento de los mismos, aunque, como se ha mencionado anteriormente, ambos procesos pueden estar integrados en un sistema automatizado. El pre-procesamiento consta de diferentes etapas en las cuales los AEE son triturados y reducidos, para luego separar los diferentes materiales contenidos en los mismos. Los procesos de separación o segregación de los materiales se basan en las propiedades físicas de los mismos. Se obtienen metales ferrosos, no-ferrosos y polímeros. Para la extracción de metales ferrosos del material triturado se utiliza una cinta magnética, y para los no-ferrosos se utiliza un método por Corrientes de Foucault. Posteriormente son separados los distintos tipos de metales no-ferrosos como aluminio, cobre, latón, etc. Los métodos para la separación de polímeros se basan en diferentes características de densidad, triboeléctricas y de aspecto visual. Dentro de los procesos implementados podemos encontrar: la utilización de una mesa de separación densimétrica, el proceso de flotación, la clasificación electrostática, entre otros (UNEP, 2009).

Además de los procesos mencionados anteriormente, existen muchos otros para lograr la separación efectiva de materiales contenidos en los productos eléctricos y electrónicos. Los cambios que se dan a nivel tecnológico, obligan a los centros de reciclaje a desarrollar e implementar métodos que sean de utilidad para tratar nuevos productos cuya

composición química difiere con respecto a versiones anteriores. Lo importante es garantizar la efectividad de los procesos de desmantelamiento y pre-procesamiento, ya que, junto con la correcta recolección y transporte de AEE caídos en desuso, determinan la calidad del material reciclado a ser reutilizado.

### **2.3.3. Procesamiento final**

El procesamiento final de los materiales, obtenidos a partir del pre-procesamiento y separación de los distintos componentes hallados en los AEE, tiene como fin, la obtención de un material más refinado, para su uso como materia prima en la fabricación de nuevos productos. Los metales ferrosos, no-ferrosos y los polímeros, son sometidos a diferentes procesos a partir de los cuales se obtiene un material reutilizable que cumple con los estándares de calidad requeridos en la industria manufacturera. Los procesos implementados son de una gran complejidad técnica, y requieren un conocimiento profundo de las propiedades químicas y físicas de los materiales a tratar. Para el procesamiento final de metales ferrosos y no-ferrosos se utilizan diferentes equipos y tecnología dependiendo de los metales a tratar, ya sea aluminio, cobre, hierro, latón, etc. Los métodos se basan en procesos de pirometalurgia, hidrometalurgia y electrometalurgia. La pirometalurgia es el sometimiento de los metales a grandes temperaturas que los modifica químicamente y los separa de sus impurezas a través de diferentes fases. El calentamiento del horno en donde se encuentran los metales, se produce a través de la combustión fósil o mediante energía eléctrica. En la hidrometalurgia se utilizan ácido o soluciones cáusticas acuosas para disolver y precipitar selectivamente los metales. Finalmente, la electrometalurgia implica el uso de energía eléctrica para recuperar metales, por ejemplo, electro-obtención de cobre o zinc (UNEP, 2009).

En el caso de los polímeros, lo que se obtiene luego del procesamiento final son *pellets* (pequeñas porciones) de plástico reciclado. Cabe destacar, que los productos elaborados a partir de materiales plásticos requieren un cierto porcentaje de material reciclado en los procesos de manufactura. Por ejemplo, en el caso de piezas inyectadas, se utiliza un porcentaje de plástico reciclado junto con material virgen, dependiendo del resultado que se quiera obtener.

Los procesos para la obtención de plástico reciclado varían de acuerdo a la densidad del material. Los materiales plásticos de baja densidad afrontan un proceso de densificación previo a la obtención de los ya mencionados *pellets*. En el proceso, la fricción del material producida por el paso del mismo a través de un husillo (tornillo sin fin), genera calor y consecuentemente el derretimiento del plástico. Luego, el plástico derretido es forzado a través de un molde y una vez enfriado es reducido por unas cuchillas a pequeñas porciones. Los plásticos de mayor densidad afrontan un proceso similar. La diferencia radica en la utilización de calentadores para derretir el material. A su vez, diferentes aditivos pueden sumarse, tales como colorantes, fibras o estabilizadores, dependiendo de la performance requerida para el material resultante (Makenji y Savage, 2013).

La obtención de un material de calidad no depende exclusivamente de los procesos finales a los cuales son sometidos metales o plásticos. Es importante tener en cuenta todas las etapas previas que influyen en el reciclaje de RAEE. La recolección, el transporte y los procedimientos de desarmado y segregación de los componentes, deben llevarse a cabo de manera responsable y eficiente para garantizar la calidad final del material obtenido. A su vez, la responsabilidad de las empresas para con el diseño de productos en donde se contemple el eventual reciclaje de los mismos, agilizaría el proceso y favorecería un desarrollo sustentable.

## **2.4. Consideraciones en el diseño de AEE**

Hoy en día existe una preocupación creciente que guarda relación con el impacto que provocan las diferentes actividades de los seres humanos sobre el medio ambiente, la sociedad y la economía a nivel global. Tal vez el problema que cobra más relevancia actualmente es el calentamiento global producido por los gases de efecto invernadero, y el consecuente cambio climático que esto produce. A su vez, existe otro problema asociado a las actividades humanas, que tiene que ver con el agotamiento de los recursos naturales finitos. La necesidad de hallar soluciones para lograr un desarrollo sustentable resulta imperioso para garantizar la supervivencia de las futuras generaciones. El diseño sustentable, junto con el eco-diseño, son prácticas que van cobrando relevancia tanto para las empresas como para los consumidores, y se está observando un mayor compromiso de los mismos para la implementación de estas prácticas, incluso en el ámbito que ocupan los productos eléctricos y electrónicos.

Las prácticas sustentables que rodean a los AEE se ven influenciadas por diferentes factores tales como: la legislación y regulación aplicada en ciertos países en relación a la fabricación y desecho de este tipo de productos, el aumento en los precios de recursos finitos, las demandas de los consumidores y las oportunidades de mercado. Esto lleva a diseñadores e ingenieros a diseñar productos que resulten beneficiosos para el medio ambiente, la sociedad y la economía. Para lograrlo se debe partir de una demanda real y luego explorar alternativas sustentables en donde se contemple, el uso de materiales, la reducción del consumo de energía, tanto para las fabricación como uso del producto, y la capacidad de reutilizarlo o reciclarlo. Todo esto, bajo un sistema de producción y consumo sustentable (Tischner y Hora, 2012).

Implementar este tipo de prácticas probablemente resulte complejo bajo el sistema productivo y de consumo actual, sin embargo, el tiempo hará necesario un compromiso

mayor por parte de todos los actores del sistema, para lograr un desarrollo sustentable en todas las etapas que involucran el ciclo de vida de un AEE.

#### **2.4.1. Ciclo de vida y sistema**

El diseño sustentable no implica únicamente brindar soluciones beneficiosas para el medio ambiente, en cuanto a la fabricación, uso y desecho de productos concierne, sino que debe englobar a su vez otros ámbitos, tales como el económico y social. Un producto sustentable va más allá del producto en sí. El mismo ejerce una influencia sobre el sistema en donde opera y a lo largo de todo su ciclo de vida. Hallar maneras de mejorar el desenvolvimiento de un producto en relación a estas dos variables, podría decirse, es el principal objetivo dentro del diseño para la sustentabilidad.

El ciclo de vida de un producto está compuesto por etapas diferenciadas que incluyen el diseño, la fabricación, el uso y desecho del mismo. Se debe tener en cuenta cada una de estas etapas para la consecución de una propuesta sustentable. Por ejemplo, para el caso de un teléfono celular, dentro de las consideraciones, se podría evaluar el uso de materiales biodegradables, hacer que las partes del mismo puedan ser reutilizadas o incluso actualizadas para extender su uso, o fabricarlo de tal forma que sea fácil el desarmado y reciclaje de sus componentes; entre otras opciones (Tischner y Hora, 2012).

En relación al sistema o contexto en donde opera un producto, las consideraciones a tener en cuenta, van más allá de las especificaciones técnicas del mismo. Por ejemplo, la distribución, el uso que se le da, los servicios que se ofrecen, o incluso el tratamiento que recibe al final de su vida útil. Siguiendo con el caso del teléfono celular, podría suceder que se decida ofrecer un sistema de alquiler de equipos en conjunto con la contratación de un servicio, la opción de devolver el equipo con el fin de introducir mejoras o actualizaciones,

que el reciclaje de los componentes se lleve a cabo por la empresa manufacturera; entre otras opciones consideradas prácticas sustentables (Tischner y Hora, 2012).

#### **2.4.2. Uso, re-uso y reciclaje**

El uso, re-uso y reciclaje de productos eléctricos y electrónicos resultan determinantes para lograr un diseño sustentable. En la fase de uso el factor de mayor importancia es el consumo de energía del producto. Como se ha mencionado en el primer capítulo de este trabajo, existen distintas directivas que hacen hincapié en la reducción y optimización del consumo energético, dentro de las cuales podemos nombrar a la *Energy-using Products Directive* (EuP), que rige para algunos países de la Unión Europea. La tarea del diseñador para esta etapa en particular, es fomentar el uso sustentable de AEE. Algunas estrategias para optimizar esta fase en particular podrían implicar: el diseño de servicios de mantenimiento, la inclusión de prestaciones en un equipo que favorezcan la disminución en el consumo de energía, proveer información a través de distintos medios para motivar a los consumidores a cambiar sus hábitos en cuanto al uso de AEE, entre otras (Tischner y Hora, 2012).

Por otro lado, el re-uso y reciclaje son dos opciones para el tratamiento de AEE que se encuentran inscriptas dentro de una jerarquía, en donde el re-uso (re-manufactura, reacondicionamiento y reparación) resulta ser una alternativa más sustentable que el reciclaje, por razones ya nombradas en la sección 2.2.2. La decisión de implementar una u otra opción de tratamiento está determinada principalmente por la rentabilidad que ofrecen y por aquella que resulte más apropiada en cuanto a prácticas sustentables se refiere. Existen distintas estrategias de diseño que favorecerían la implementación de las opciones de re-uso o reciclaje para el tratamiento de AEE y de los residuos que devienen de los mismos. El diseño modular y la estandarización de componentes, por ejemplo,



permiten la creación de estructuras que facilitarían la reparación, renovación y actualización de ciertos equipos. A su vez, otra de las prácticas aplicables hace referencia al diseño para la longevidad, en donde se contempla el uso de materiales resistentes para garantizar la durabilidad del producto y se prolonga el ciclo de vida a través del recambio de componentes sujetos a mayor desgaste. La capacidad de un producto a ser reciclado, también está determinada por decisiones de diseño que implican, la elección de materiales reciclables, la reducción en la diversidad de los materiales utilizados, optar por opciones de baja toxicidad y la incorporación de elementos que favorezcan el desarmado del producto (Tischner y Hora, 2012).

De todas maneras, estas prácticas no se podrían llevar a cabo si no existiera un sistema que garantizara su funcionamiento. Se requiere una estructura bien armada que garantice las opciones de re-uso y reciclaje. Más allá de la labor que pueda realizar un diseñador, sin un sistema en donde los consumidores tengan la opción de mantener, reparar, renovar y eventualmente, deshacerse de sus equipos de una manera apropiada, no se podría lograr un desarrollo sustentable en cuanto la fabricación, uso y desecho de AEE.

### **2.4.3. Materiales y procesos sustentables**

Además de las prácticas referidas al re-uso y reciclaje de AEE, la elección de los materiales y procesos de manufactura, también resultan ser dos elementos de gran importancia en el diseño sustentable.

Existen ocho criterios básicos para la elección de materiales y procesos más sustentables, siendo estos: el consumo de recursos, el consumo de energía, la utilización de sustancias nocivas, origen y transporte de los materiales, aspectos que tiene que ver con la duración de los mismos, la generación de residuos, biodiversidad y protección de áreas naturales, y diversos aspectos sociales (Tischner y Hora, 2012).

Las prácticas sustentables en cuanto al uso de materiales, requieren un análisis profundo previo a su implementación. Se deben evaluar las opciones de acuerdo al impacto ambiental, económico y social que podrían llegar a tener. La elección de materiales renovables, optar por opciones energéticamente eficientes, limitar el uso de sustancias nocivas, reducir el recorrido para el transporte de materia prima, evaluar la capacidad de re-uso y reciclaje de los materiales, así como también el impacto que producen en el medio ambiente, y priorizar el uso de alternativas ambientalmente amigables; son algunas de las recomendaciones para el uso sustentable de los mismos (Tischner y Hora, 2012).

Un desarrollo sustentable en cuanto a procesos de manufactura, implica reducir el consumo energético y aprovechar los recursos lo más eficientemente posible. Tanto los materiales y procesos deben ser elegidos en base a los objetivos funcionales y estéticos de un producto, atendiendo a las necesidades impuestas por el mercado, los consumidores y el medio ambiente. Aunque la implementación de procesos y materiales innovadores resulte complejo para empresas con métodos de producción ya establecidos, no deja de ser necesario realizar pruebas en paralelo con el fin de buscar alternativas en cuanto al uso de otros materiales y la implementación de procesos no convencionales. Existen ciertos beneficios en potencia que deberían ser explorados (Tischner y Hora, 2012).

Las opciones de las que se vale el hombre para el tratamiento de AEE y los residuos que devienen de los mismos, resultan cada vez más importantes para paliar con la escasez de recursos y el impacto que generan las actividades propias de la industria. Al tener conocimiento de los problemas que traen los RAEE, existe la posibilidad de anticiparse a los mismos e implementar métodos más efectivos de producción, uso y eventual desecho. Todavía hay un gran camino por recorrer para que la implementación de métodos efectivos de reciclaje y re-uso se pueda dar en la mayoría de los países a nivel global. Sin embargo, ha habido avances prometedores a lo largo de los últimos años que aumentan las

probabilidades para la aplicación de estas prácticas, lo que se requiere es un poco más de compromiso por parte de todos los actores dentro de la sociedad.

### **Capítulo 3. Pilas y baterías**

El uso de pilas y baterías generalmente se da en aquellos AEE inalámbricos o transportables. Dada la evolución y mayor producción de estos aparatos en los últimos años, el uso de las mismas también ha incrementado, así como también su desecho. Las pilas y baterías están compuestas por sustancias nocivas, mayormente metales, y de no ser desechadas apropiadamente producen una contaminación significativa del medio ambiente. Lograr el reciclaje de las mismas al final de su vida útil no solo implica una reducción en el impacto ambiental que generan, sino que garantiza la recuperación de gran parte de los materiales implementados para su manufactura. Al igual que con otros RAEE es de suma importancia el control de las mismas bajo un marco legal y regulatorio sólido.

#### **3.1. Usos y tipos**

Las pilas o baterías son dispositivos que producen energía eléctrica a través de un proceso químico transitorio. Durante el mencionado proceso se generan reacciones de óxido-reducción, en donde un elemento gana electrones y el otro elemento los pierde. Para que esto sea posible la pila o batería está conformada por dos electrodos, generalmente metálicos, en donde uno de ellos actúa como polo negativo o ánodo, y el otro como polo positivo o cátodo. Ambos se encuentran sumergidos en una sustancia conductora conocida como electrolito, que permite el pasaje de electrones entre los electrodos. Cabe destacar que durante el proceso las características químicas de los componentes se ven alteradas. Cuando la energía contenida en una pila es consumida y no se puede retornar al estado original en que se encontraban sus componentes, el tipo de pila o batería se denomina primaria o no-recargable. En el caso en que las características químicas puedan ser reconstituidas, el tipo al cual pertenecen se denomina secundarias o recargables. Aunque no exista una distinción entre las maneras de nombrar a las pilas y baterías, se asocia el

término batería con las secundarias o recargables, y el término pila con las primarias o no-recargables (Gudewort, 2013).

En el mercado existe una gran variedad de pilas y baterías. Las hay de diferentes tamaños, formas, capacidad de voltaje y vida útil. Sin embargo, existen criterios de clasificación que permiten establecer una diferencia entre las mismas a partir de: la posibilidad de carga (primaria o no-recargable y secundaria o recargable), el tipo de electrodo, la forma de uso (portátil y estacionaria), el tipo de electrolito (acuoso, no-acuoso, alcalinas, ácidas), su tamaño (mWh hasta MWh) y sus aplicaciones (arranque, tracción, nivelación de picos). Tanto las pilas o baterías primarias y secundarias poseen diferentes nombres y aplicaciones. Dentro de las primarias se pueden nombrar a las pilas de Zinc/Carbono (Ácidas o secas), utilizadas para todo tipo de equipamiento eléctrico y electrónico sencillo de bajo consumo; las pilas de Zinc/Dióxido de Manganeso (Alcalinas), también para todo tipo de equipamiento eléctrico y electrónico, pero con una vida útil hasta 10 veces mayor que las de Zinc/Carbono; las pilas de Óxido de Mercurio, utilizadas en audífonos y equipamiento médico; las pilas de Zinc/Aire, también para audífonos y equipamiento médico, pero con mayor capacidad y menor contenido de mercurio; las pilas de Óxido de plata, para uso en calculadoras, relojes, flashes, memorias de computadoras, etc.; y finalmente las pilas de Níquel Cobalto. En el caso de las secundarias se pueden nombrar a las de Níquel/Cadmio, utilizadas en equipamiento eléctrico y electrónico sencillo y de bajo consumo, como teléfonos celulares o computadoras portátiles; Níquel/Hidruro metálico, similares a las de Níquel/Cadmio; Ion-Litio, utilizada para telefonía celular, computadoras, cámaras fotográficas y de video, etc.; y las de Plomo, utilizadas en automotores, maquinaria industrial y doméstica (Gudewort, 2013).

Como se puede observar, existe una gran cantidad de pilas y baterías que se comercializan en el mercado. A pesar de que la durabilidad y calidad varía según el tipo, eventualmente llegará el momento en que precisen ser desechadas al final de su vida útil. La presencia

de ácidos, álcalis, sales y metales pesados, hacen de las pilas y baterías desechadas, un residuo de alta peligrosidad tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Aunque constituyen un bajo porcentaje dentro de los residuos sólidos urbanos, su seguimiento es de suma importancia para garantizar un tratamiento efectivo y reducir el impacto ecológico que generan.

Dados los problemas asociados a los desechos que producen las pilas y baterías agotadas, existen ciertas recomendaciones a seguir para lograr un uso más eficiente de las mismas. En primer lugar, si es posible, se debe reducir su consumo. Algunas herramientas o productos de uso cotidiano no requieren pilas y baterías para funcionar, aunque existen alternativas con dichos componentes; por ejemplo, el caso del destornillador eléctrico. Al menos que sea estrictamente necesario, es recomendable adquirir productos que no requieran pilas o baterías para funcionar. A su vez, se debe evitar consumir pilas de origen dudoso ya que los estándares de fabricación difieren en gran medida de las marcas conocidas, y posiblemente contaminen más dada la regularidad con que se desechan. Además al no contar con una marca, difícilmente algún productor se haga responsable de las mismas. En el caso de no poder evitar el uso de pilas demasía, la mejor alternativa está dada por aquellas que son recargables. Al ser desechadas con menor regularidad, el impacto ambiental que producen es menor. A su vez, se produce un mayor ahorro de recursos en comparación con la fabricación de pilas o baterías comunes. Una pila recargable puede sustituir hasta 300 desechables (Greenpeace, 2014).

### **3.2. Desecho, recolección y transporte**

El reciclaje de pilas y baterías favorece la recuperación de un gran porcentaje de los materiales utilizados para su manufactura. A su vez, considerando el impacto ambiental que provocan al ser desechadas en rellenos sanitarios, el reciclaje representa una práctica

más ecológica, siempre y cuando sea realizado de una manera apropiada. Para lograr que el reciclaje se lleve a cabo, resulta primordial garantizar la llegada de aquellas pilas y baterías agotadas a los centros dedicados a dicha tarea. Contar con un sistema de recolección y transporte bien estructurado, es el primer paso para garantizar su correcto tratamiento.

Los canales de recolección de pilas y baterías varían de acuerdo al contexto en donde son aplicados. La recolección se puede dar principalmente, a través de puntos de recolección (puntos verdes), comercios o diferentes instituciones y en la vía pública. Está en las organizaciones dedicadas al tratamiento de este tipo de residuos, determinar cuál es el método más efectivo según el lugar en donde vaya a ser aplicado. Otro canal de recolección, cuyo uso no es muy común, es a través del servicio postal. Dados los distintos tipos de baterías y pilas existentes, algunos canales podrían resultar más beneficiosos que otros (Fischer *et al*, 2006).

Para la descripción de los diferentes canales de recolección, se utiliza como ejemplo de casos, diferentes metodologías implementadas en Inglaterra. El tratamiento que reciben las pilas y baterías en relación a su recolección, transporte y reciclaje en este país, representa una guía útil para la implementación de sistemas similares.

Para la recolección de pilas y baterías a través de los denominados puntos verdes, se utilizan dos tipos de contenedores: cilindros de polietileno para pilas y baterías sin contenido de plomo, y cubos del mismo material para aquellas que cuentan con plomo en su composición. Generalmente se coloca un contenedor de cada tipo en los puntos establecidos y la recolección se lleva a cabo por personal especializado en el momento requerido. Se utilizan para la carga y transporte camiones con sistemas articulados de carga. Una vez recolectadas, las pilas y baterías son llevadas al centro de reciclaje más cercano. Por otro lado, cuando la recolección se lleva a cabo en tiendas, escuelas, edificios

públicos o centros de desmantelamiento de RAEE, se utilizan tubos de policarbonato, bolsas de polietileno y cilindros de polietileno. Como las cantidades recolectadas no son muy grandes, se utilizan camionetas para transportar la carga a centros de consolidación. Una vez acumulado un número considerable de pilas y baterías en dichos centros, las mismas son llevadas a las plantas de reciclaje utilizando camiones con sistemas articulados de carga. Finalmente, la recolección en la vía pública es otra de las rutas a través de las cuales las pilas y baterías hallan su destino en los centros de reciclaje. En este caso, las mismas son desechadas dentro de bolsas o cajas en aquellos lugares destinados a los residuos reciclables, que se hallan comúnmente en las calles o veredas. La recolección se lleva a cabo por camiones de basura que poseen un compartimento diferenciado del resto, en donde se colocan las pilas y baterías desechadas. Luego son llevadas a un centro de consolidación. A partir de allí, la recolección se lleva a cabo por especialistas cuya labor es vaciar contenedores de polietileno de una tonelada en camiones, para luego llevar las pilas y baterías a los centros de reciclaje. (Gudewort, 2013).

Se puede nombrar un último canal de recolección, cuyo uso no es muy común, que funciona a través del servicio postal. En este caso, los fabricantes de pilas y baterías ofrecen la posibilidad de enviarlas sin cargo a diferentes centros de consolidación, en donde son colocadas en contenedores de polietileno de una tonelada. Posteriormente son recolectadas por especialistas mediante el uso de camiones con sistemas articulados de carga y llevadas a los centros de reciclaje (Fischer *et al*, 2006).

Cada uno de los canales tiene sus ventajas y desventajas dependiendo del tipo de pila y batería, así como también, de la predisposición del consumidor en optar por un tratamiento eficiente de sus residuos.

En cuanto al transporte de pilas y baterías agotadas, es muy importante tomar las medidas de precaución necesarias ya que las mismas están clasificadas como residuos peligrosos.



Existen ciertas normas a respetar para garantizar que el transporte se lleve a cabo de una manera segura. Aunque las leyes y regulaciones presenten sus variables en cada país, se pueden nombrar una serie de normas generales que deben seguirse al momento de transportar pilas y baterías agotadas. En la mayoría de los casos, los problemas asociados al transporte de este tipo de residuos de manera inapropiada, están ligados a incendios provocados por corto circuitos de pilas o baterías con las terminales expuestas.

Los requerimientos básicos para el transporte de pilas y baterías agotadas deben cumplimentarse para evitar posibles accidentes como el anteriormente mencionado. Es necesario identificar el contenido de la carga con el fin de informar la peligrosidad de los residuos. Cada tipo de pila y batería posee su código, estipulado por la normativa que rige en cada lugar. A su vez, las pilas y baterías deben estar embaladas de cierta manera para evitar la rotura de las mismas o cortocircuitos. Lo más conveniente es colocarlas en contenedores elaborados a partir de materiales no-conductores, y asilar las terminales con el fin de evitar cortocircuitos. Comúnmente las pilas y baterías son colocadas en bolsas plásticas y luego depositadas en los contenedores. Puede utilizarse a su vez, cinta aisladora para cubrir las terminales. Existen diferentes tipos de vehículo para realizar la tarea de transporte. Los mismos requieren la habilitación adecuada para poder circular. Incluso existen límites con respecto al peso de la carga a ser transportada (Battery University, 2014).

En el presente análisis se hizo hincapié, más que nada, en los medios de transporte terrestres utilizados en un área en particular. Hay casos en que las pilas y baterías son exportadas hacia otros países, en donde cuentan con la tecnología necesaria para realizar un reciclaje efectivo de las mismas. En estos casos puede que existan otros requerimientos que difieren en algún punto con los explicados anteriormente, ya que las distancias a recorrer son mayores y los medios de transporte son otros. De todas maneras, resulta muy

importante en cualquier circunstancia que el transporte se lleve a cabo de una manera apropiada y en concordancia con la normativa correspondiente.

### **3.3 Clasificación y reciclaje**

Las pilas y baterías integran la categoría de RAEE, sin embargo, al momento de ser recicladas deben recibir un tratamiento diferenciado al de otros componentes hallados en este tipo de residuos. El motivo está dado por la presencia de sustancias altamente tóxicas que requieren un tratamiento especial. De todas maneras, la posibilidad de recuperar un gran porcentaje de los materiales utilizados para su manufactura, es otro de los motivos por los cuales el reciclaje de pilas y baterías resulta conveniente.

Para lograr que el reciclaje se lleve a cabo eficientemente, es necesario un previo acondicionamiento de los residuos. Las pilas y baterías, en una primera instancia, deben ser clasificadas según el tipo y tamaño a través de procesos mecánicos variados. Se realiza una separación manual por tipo primaria y secundaria, y se utiliza un sistema de tamices para separar las pilas más pequeñas tipo botón (Gudewort, 2013).

Hay casos en que la clasificación previa al reciclaje se lleva a cabo en establecimientos dedicados exclusivamente a esa actividad. Luego las empresas abocadas al reciclaje de pilas y baterías las recolectan. Dependiendo de las capacidades de cada centro pueden ser recicladas en el lugar o redirigidas hacia otros establecimientos (Fischer *et al*, 2006).

Una vez clasificadas, las pilas y baterías son sometidas a diferentes procesos de pre-procesamiento en donde son trituradas. Luego se procede a la separación de la fracción gruesa compuesta por papeles, plásticos y metales, de la fracción fina (polvo de pilas) que contiene los contaminantes. Aún en los países como en la Argentina, en donde no se encuentra el equipamiento e infraestructura necesaria para el reciclaje de pilas y baterías,

la clasificación junto con el pre-procesamiento de las mismas, facilita su gestión como residuo peligroso. Da la posibilidad de gestionar algunos componentes en el país, y de ser necesaria la exportación de los residuos, se logra una reducción de volumen y organización de la carga que se traduce en una reducción de costos logísticos (Gudewort, 2013).

Una vez clasificados y separados, los componentes son sometidos a diferentes procesos de tratamiento que pueden ser la hidrometalurgia, pirometalurgia, destilación por vacío y relleno de seguridad. Los métodos hidrometalúrgicos consisten en la disolución parcial o total de los metales en una solución acuosa ácida o de bases fuertes que permite la extracción selectiva de diferentes materiales. Lo importante en este proceso es el control de los efluentes, barros y emisiones que se generan, para evitar la contaminación ambiental. Por otro lado, el proceso de pirometalurgia consiste en la transformación y separación de componentes a partir de un tratamiento térmico del residuo. Se consumen grandes cantidades de energía y no resulta un proceso muy versátil para la separación de los diferentes metales en comparación con la hidrometalurgia. Para aquellas pilas tipo botón se utiliza comúnmente el proceso de destilación por vacío. Consiste en liberar el mercurio contenido en las mismas en forma de vapor, al someterlas en una cámara de vacío a baja presión y alta temperatura. Posteriormente, las partículas orgánicas son sometidas a un proceso de oxidación con oxígeno a temperaturas de 800 °C. Luego se condensa la sustancia utilizando refrigeradores especiales y finalmente el mercurio se obtiene por decantación. Los residuos resultantes se someten a una separación magnética, en donde se obtiene chatarra reciclable y material no magnético que luego es fundido para ser reutilizado. En países como Francia y Alemania se llevan a cabo procesos diferenciados para el tratamiento de pilas y baterías de varios tipos. Los subproductos de estos tratamientos son vendidos a la industria metalúrgica, fundidores de Cinc, fábricas de abrasivos, fundidores de acero, fábricas de pilas y baterías, fábricas de alabes de turbina,

fábricas de cerámicos, refinadoras de Plomo, industria de metales preciosos, entre otras (Gudewort, 2013).

El relleno de seguridad es, más que un proceso de reciclaje de materiales, un método para contener sustancias potencialmente peligrosas presentes en pilas y baterías. Su implementación y diseño está respaldado por leyes nacionales e internacionales con el fin de garantizar su implementación bajo condiciones seguras de confinamiento para las sustancias mencionadas. Previo al armado del relleno de seguridad, algunos componentes deben ser pre-tratados para evitar filtraciones, desgaste del material de contención o emisión de contaminantes a través del aire. Para la inmovilización de componentes se pueden utilizar diferentes procesos de vitrificación, cementación y ceramización. No es recomendable confinar pilas y baterías desechadas dentro de elementos constructivos tales como, bancos ubicados en espacios públicos, pilares de edificios o suelos de cemento. Los procesos químicos que se producen dentro, pueden generar fisuras en el material y provocar lixiviados de las sustancias tóxicas contenidas en pilas y baterías. Incluso puede haber problemas asociados a tareas de demolición o restauración, que podrían dejar expuesto el material contenido (Gudewort, 2013).

Dar uso de métodos efectivos para el tratamiento de pilas y baterías desechadas reduce significativamente el impacto que producen en el medio ambiente y la salud de las personas. Sin embargo, se deben dar bajo condiciones óptimas y controladas para evitar problemas de contaminación. Cada país o región debe estar al tanto de las capacidades que tiene para el control de este tipo de residuos, de manera de optar por las soluciones más efectivas. De no ser posible lograr un tratamiento efectivo, resulta más conveniente redirigir las tareas de recuperación y reciclaje hacia aquellas naciones que cuentan con la infraestructura necesaria.

### 3.4 Legislación y regulación

La legislación y regulación implementada para el control de pilas y baterías desechadas es determinante para lograr el tratamiento efectivo de este tipo de residuos. Desde la década del 90 se han venido elaborando una serie de directivas que hacen hincapié en el tratamiento final de las mismas a fin de evitar las consecuencias de un manejo ineficiente. En un principio el enfoque estaba puesto principalmente en las baterías de Ni/Cd (Níquel/Cadmio), así como también, en la progresiva reducción del uso de Mercurio, Cadmio y Plomo presente en distintos tipos de pilas y baterías. Hoy en día las directivas que funcionan en distintos países a nivel mundial han incorporado otras cuestiones a ser tratadas, tales como la implementación de sistemas de recolección, la reducción de metales pesados en la composición de pilas y baterías, la prohibición del uso de Mercurio, y la implementación de métodos efectivos de reciclaje. Según las directivas, la disposición final adecuada para este tipo de residuos puede involucrar diferentes métodos, tales como el desecho en rellenos sanitarios o basurales, la implementación de rellenos de seguridad, la incineración y el reciclaje. El desecho final en rellenos sanitarios, con los años, se está convirtiendo en un método muy costoso dada la gran cantidad de residuos que se generan y la capacidad limitada que poseen para la contención de los mismos. La incineración también es costosa y si no se lleva a cabo de una manera apropiada, implica un riesgo por las posibles emisiones de Mercurio, Cadmio y dioxinas hacia el medio ambiente. A su vez, la implementación de rellenos de seguridad posee sus limitaciones para lograr un control eficiente de pilas y baterías desechadas, dadas las grandes cantidades existentes de este tipo de residuos. De hecho, el método más efectivo para el tratamiento de pilas y baterías se logra a través del reciclaje de las mismas (Espinosa y Mansur, 2012).

Existen países y organizaciones que a nivel mundial son referentes en materia de legislación y regulación para la gestión de pilas y baterías desechadas. Tal vez, aquellos

países que cobran mayor relevancia con respecto a esta temática son Estados Unidos, Japón y aquellos que integran la Unión Europea (UE).

A través de la Directiva 1991/157/EC, actualizada posteriormente con la Directiva 2006/66/EC, se establece un marco regulatorio para las pilas y baterías a ser comercializadas en países de la UE. Dentro de las imposiciones establecidas, figura la prohibición en la venta de pilas o baterías con un contenido de Mercurio superior al 0.0005 % en peso, y con un contenido de Cadmio superior al 0.002 % en peso. De todas maneras se establecen ciertas excepciones, por ejemplo, para las pilas tipo botón, el contenido de Mercurio posee un límite del 2 %; y en cuanto al Cadmio, la restricción del 0.002 % no rige para pilas o baterías utilizadas en sistemas de alarma, equipos médicos de emergencia y herramientas de trabajo inalámbricas. A su vez, es requerido por la Directiva, la implementación de iniciativas que promuevan y maximicen la recolección selectiva de pilas y baterías; la obligación por parte de los comerciantes y productores de aceptar la devolución de pilas y baterías sin costo para los consumidores; recolectar un 45 % de pilas y baterías que hayan entrado al mercado para el año 2016; garantizar que todo lo recolectado reciba el mejor tratamiento disponible; promover el desarrollo de nuevas tecnologías de reciclado y tratamiento para todo tipo de pilas y baterías; proveer la información necesaria a los consumidores de los métodos o prácticas a llevar a cabo para lograr un consumo responsable de este tipo de productos; entre otras medidas que favorezcan la correcta gestión de pilas y baterías (Gudewort, 2013).

En Asia, puntualmente en Japón, bajo la Ley para la Promoción de la Utilización Efectiva de Recursos, establecida en 1999, se marcan ciertas pautas a seguir en cuanto a la gestión de pilas y baterías. Válida para las de tipo Ni/Cd, Níquel/Hidruro metálico y plomo, se requiere: la identificación (en el *packaging*) mediante letras, colores y símbolos, de los tipos; la identificación (en la pila o batería) de los materiales que la componen; el diseño de sistemas eficientes para la remoción de las mismas en productos eléctricos y electrónicos;

entre otras medidas. A su vez, hace a los productores responsables del reciclaje de las pilas y baterías recolectadas. Por otro lado, en Estados Unidos, los residuos de pilas y baterías se encuentran regulados por la Ley de gestión de pilas, la Ley de Gestión de Pilas Recargables o que contienen Mercurio, y el Reglamento para los Residuos Universales. A través del Reglamento para los Residuos Universales, se intenta reducir la cantidad de residuos en rellenos sanitarios, fomentar el reciclaje y desecho adecuado de residuos peligrosos, mediante la agilización de los procedimientos administrativos o burocráticos para que dicha actividad se lleve a cabo. A su vez, se establecen estándares para la recolección, almacenaje y transporte de las pilas de Ni/Cd. Bajo la Ley de Gestión de Pilas Recargables o que contienen Mercurio, los productores deben identificar las pilas y baterías recargables de tipo Ni/Cd y de plomo. Se prohíbe bajo mencionada ley, la venta de pilas y baterías de tipo Zinc/Carbono (Zn/C) o alcalinas con contenido de Mercurio, a excepción de pilas tipos botón con hasta 25 mg de dicha sustancia. Para que este tipo de productos esté fuera de la prohibición, el productor debe establecer puntos de recolección para garantizar su reciclaje. Por último, la Ley de Gestión de Pilas establece un cronograma, a seguir por los productores, para la eliminación de ciertos tipos de pilas y baterías con contenido de Mercurio. Es obligatorio a su vez, indicar la composición química de las pilas, colocar el símbolo de reciclado e informar a los consumidores acerca de los métodos apropiados de reciclaje y desecho. Como en otros ejemplos de leyes y regulaciones concernientes a la gestión de pilas y baterías, los productores son responsables en la promoción de campañas de recolección y reciclaje, sin que implique un costo extra para los consumidores (Gudewort, 2013).

Por citar un ejemplo más cercano, al sur del continente americano, más específicamente en Brasil, la Resolución CONAMA N° 257, establece un marco regulatorio para la eliminación y administración ambiental adecuada de las pilas y baterías usadas, en cuanto a la recolección, reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final. Existen límites

establecidos para sustancias nocivas y se aplican leyes que hacen referencia a la responsabilidad del productor y comerciante en el manejo de pilas y baterías desechadas (Gudewort, 2013).

El establecimiento de un marco legal y regulatorio es necesario para lograr una gestión eficiente de pilas y baterías desechadas. Se deben buscar soluciones que mejor se adecúen al contexto en donde vayan a ser implementadas. En cada uno de los casos en que prácticas más sustentables son llevadas a cabo para el tratamiento de pilas y baterías, existe un fuerte compromiso por parte de un ente gubernamental, el cual pone la protección del medio ambiente y la salud de las personas por sobre las ganancias y crecimiento de ciertas empresas. Es necesario entender que a largo plazo la implementación de prácticas más sustentables, tales como el uso de baterías y pilas recargables o reciclar en vez de desechar, trae grandes beneficios. Aunque el trabajo al principio sea arduo los resultados pueden ser muy satisfactorios.



## Capítulo 4. RAEE en Argentina

El presente análisis está enfocado principalmente, en la gestión de pilas y baterías dentro del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), ya que representan la limitante geográfica elegida para el desarrollo del presente proyecto de graduación. De todas formas, lo que ocurre en la Provincia de Buenos Aires en cuanto a los problemas asociados al tratamiento de RAEE, también se da en otras provincias de Argentina. Hoy en día, hay una falta de compromiso por parte del Estado, en la implementación de un sistema que brinde una solución efectiva para el tratamiento de la basura electrónica. El país no escapa a la tendencia global referente al incremento en el consumo y desecho de AEE. Las cifras que se manejan en cuanto al consumo de productos electrónicos, son alarmantes, más allá de la diferencia que existe con aquellas de otros países. Los problemas son mayores al no poder brindar un tratamiento efectivo para aquellos AEE caídos en desuso.

En Argentina se recicla o reacondiciona un porcentaje muy pequeño del total de productos eléctricos y electrónicos desechados. Existen pocas empresas abocadas a dicha tarea y para aquellos productos que requieren un procesamiento diferenciado, las mejores alternativas para su tratamiento se encuentran en países del exterior. Cabe mencionar que muchos de los RAEE terminan en rellenos sanitarios, a pesar de los problemas asociados a esta práctica. Es imprescindible la implementación de una ley de basura electrónica. Sin embargo, aún no se ha podido lograr su aprobación, a pesar de la insistencia por parte de distintas organizaciones para que este proyecto de ley sea tratado por la Cámara Alta y Baja de la Nación.

#### **4.1. Generación de RAEE**

El consumo de AEE ha ido incrementando en los últimos años. Es una tendencia que se da a nivel mundial con variaciones entre diferentes países. Generalmente la adquisición de productos eléctricos y electrónicos es mayor en países desarrollados, sin embargo, se ha evidenciado un aumento significativo del consumo, también en aquellos en vías de desarrollo. El problema radica en la incapacidad de algunos países para lidiar con lo RAEE de un manera apropiada, tal es el caso de Argentina. A pesar del incremento del consumo y, por lo tanto, de los residuos, la problemática de la basura electrónica en el país dista de ser solucionada.

Cada argentino genera aproximadamente 3 kg de basura electrónica por año, teniendo en cuenta la población del país, se puede decir que 120.000 toneladas de basura electrónica son generadas anualmente. Es una cifra alarmante, más aun teniendo en cuenta que el número podría ser mayor. Según datos de la Cámara Argentina de Máquinas y Oficinas Comerciales y Afines (CAMOCA), 7kg de residuos eléctricos y electrónicos fueron descartados por persona en la CABA, en el año 2011. Dado el escaso tratamiento que reciben los RAEE en el país, las cifras tienden a ser estimaciones que se dan de acuerdo a las ventas y ciclo de vida de los productos que integran la categoría. De todas formas se calcula que un 50% de los residuos se encuentran almacenados en oficinas, hogares, depósitos o entes públicos; más del 40% haya su destino en rellenos sanitarios, y aproximadamente el 10% recibe algún tipo de tratamiento formal o informal por parte del sector que gestiona este tipo de residuos. Es lamentable que no exista un sistema que opere, al menos a nivel provincial en Buenos Aires, para el tratamiento de los RAEE. A pesar de que los números distan de ser tan alarmantes como los 29,8 Kg de residuos generados anualmente por persona en los Estados Unidos, es importante anticiparse a los problemas asociados a la basura electrónica, de manera de reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud de las personas. A su vez, como se ha mencionado

anteriormente en el presente trabajo, muchos de los AEE descartados contienen materiales muy valiosos a ser aprovechados. Teniendo en cuenta solo el contenido de metales valiosos hallados en los teléfonos celulares, y sabiendo que 10 millones fueron descartados en Argentina a fines del 2011, se podría afirmar que fueron desaprovechados 228 kg de oro, equivalentes a USD 12.462.480; 1750 Kg de plata, equivalentes a USD 1.855.000 y 81.000 Kg de cobre, equivalentes a USD 664.200. Es decir que USD 14.981.680 en Oro, Cobre y Plata terminaron siendo desechados en rellenos sanitarios, por no contar con un sistema eficiente de reciclaje que garantice su recuperación (Greenpeace, 2012).

El área en donde la evolución tecnológica y operativa se da con mayor frecuencia la integran los equipos de telecomunicaciones e informática. Se producen cambios drásticos en la funcionalidad de algunos productos en lapsos que no superan el año. La necesidad de actualizar los equipos o el simple hecho de contar con lo último en tecnología hace que el ciclo de vida de computadoras, laptops o celulares sea cada vez más corto. Según datos elaborados por la consultora Carrier y Asociados para Greenpeace Argentina, desde 2006 hasta fines del 2010 se han desechado en el país 3.600.000 computadoras, y solo en el lapso de un año, entre 2009 y 2010, el 10% del parque de PC fue descartado, es decir 1.120.000 equipos. Estos datos representan cifras que distan de aquellas que podrían ser manejadas actualmente. Existen proyecciones para los próximos dos años en donde se calcula que 2.850.000 de equipos podrían llegar a ser descartados (Greenpeace, 2012).

Los RAEE de medio a bajo valor de reciclado, a pesar de no contar con materiales de gran valor en sus componentes, requieren un tratamiento diferenciado dada la presencia de sustancias tóxicas. Integran esta categoría productos tales como, televisores, equipos de audio viejo, heladeras, congeladores industriales, entre otros. Los mismos pertenecen a las líneas blanca, gris y marrón, manera en que se suele categorizar a los grandes electrodomésticos. La movilización de este tipo de aparatos de gran tamaño implica un gasto significativo de logística, y en algunos casos, dadas las dificultades presentes a la

hora de reciclarlos, la actividad podría no ser rentable. Tal es el caso de los viejos televisores de tubo, que requieren ser desmantelados en un ambiente muy controlado dado los altos contenidos de plomo que presentan algunos de sus componentes; o incluso las heladeras o congeladores que contienen clorofluorocarburos (CFC) por lo que un previo vaciado de dichos gases debe llevarse a cabo previo al reciclaje. A pesar de todo, resulta imperioso lograr un tratamiento efectivo de los RAEE de medio o bajo valor de reciclado. Más aún si se tiene en cuenta que 1.627.000 televisores fueron desechados en el año 2005 (Protomastro, 2007).

En Argentina el porcentaje de AEE caídos en desuso que son recuperados o reciclados no es suficiente para lograr un tratamiento efectivo de los residuos. De las 120.000 toneladas anuales de basura, Dalafer y Silkers, que son operadores habilitados para tratar la basura electrónica, procesan aproximadamente entre 3000 a 4000 toneladas cada uno. Otras 2000 toneladas son tratadas por diferentes operadores habilitados por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación. Existe a su vez, un sector informal que llega a procesar una mínima cantidad de residuos. De todas maneras, las tareas que se realizan en este sector posiblemente estén abocadas a la recuperación de AEE caídos en desuso, más que al reciclaje de los mismos. En Argentina se recicla cerca del 10% del total de RAEE generado, en su mayoría se trata de residuos provenientes del área de las telecomunicaciones e informática, por lo que un gran porcentaje de productos eléctricos y electrónicos no reciben el tratamiento adecuado previo a su disposición final (Greenpeace, 2012).

El tratamiento efectivo de los RAEE se da bajo una serie de variables que presentan el mismo grado de importancia. Como se ha mencionado previamente, el reciclaje o recuperación de AEE caídos en desuso muestra resultados favorables, si ninguna de las etapas a lo largo del ciclo de vida de un producto son desatendidas. De todas formas, la

única manera de garantizar la implementación de un sistema funcional, es bajo un marco regulatorio que lo abale.

Cerrando con un último dato estadístico, desde el 2008, año en que se presentó por primera vez el proyecto de Ley de Basura Electrónica en el Congreso Nacional, hasta el año 2012, momento en que pierde estado parlamentario en el senado, se descartaron 38.700.000 teléfonos celulares, cuyo contenido en oro es de 882 kg, equivalente a USD 48.229.797 (Greenpeace, 2012).

#### **4.2. Tratamiento de RAEE**

Aún hay un gran camino por recorrer para que los RAEE reciban, en Argentina, el tratamiento correspondiente para lograr su reacondicionamiento, reciclaje y disposición final. Muchos de los AEE caídos en desuso siguen el mismo camino que los residuos universales hacia los rellenos sanitarios o de seguridad.

Existen campañas que promocionan diferentes iniciativas para gestionar la basura electrónica, pero las mismas representan únicamente soluciones momentáneas y parciales. Tienden a ser improvisadas y en algunos casos hasta entran en discordancia con la ley vigente.

Para la implementación de un sistema eficiente, es de utilidad analizar las medidas adoptadas por diferentes países en el exterior y buscar adaptaciones que se correspondan con el contexto local. De todas maneras, el primer paso es entender de qué manera se lleva a cabo la gestión de RAEE en Argentina.

#### **4.2.1. Situación actual**

En Argentina los RAEE no reciben un trato diferenciado más allá de su categorización como residuos peligrosos y contaminantes. Un gran porcentaje de los productos eléctricos y electrónicos desechados siguen el mismo camino que los residuos sólidos urbanos (RSU). La disposición final de dichos residuos, al menos en Argentina, se da en rellenos sanitarios. Un método que no resulta del todo eficiente, menos aún para la disposición final de la basura electrónica. Los principales problemas asociados a los rellenos sanitarios, al menos en la provincia de Buenos Aires y la CABA, tienen que ver con el agotamiento en la capacidad para la contención de residuos y los lixiviados o filtraciones de sustancias tóxicas hacia el agua y suelo. Mediante la implementación de métodos alternativos para el tratamiento de RAEE, se podría reducir la cantidad de residuos de esta clase que hayan su destino final en rellenos sanitarios. A su vez, teniendo en cuenta la toxicidad de los componentes electrónicos y la propensión a que ocurran filtraciones, resulta muy importante redirigir este tipo de residuos hacia otros canales de tratamiento más aptos.

Actualmente se entierran a diario más de seis mil toneladas de residuos provenientes de la CABA en rellenos sanitarios ubicados en la Provincia de Buenos Aires. A esto deben sumarse las nueve mil toneladas generadas en los distintos municipios y localidades de provincia. Existe un gran número de personas que conviven con la basura como consecuencia de la disposición masiva de RSU. Dado el agotamiento en la capacidad de los rellenos sanitarios, tanto el gobierno provincial como el de la ciudad, buscan dar apertura a nuevos lugares de disposición final. Sin embargo, se ven imposibilitados por una fuerte negativa de los vecinos a razón de los efectos perjudiciales que su existencia les puede generar en la salud y en el ambiente que necesitan para vivir. De los tres centros de disposición final con los que cuenta la empresa de Coordinación Ecológica del Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), Gonzáles Catán, Ensenada y Norte III, el último recibe la mayor cantidad de RSU diarios, un aproximado de 15 mil toneladas diarias.

Está claro que el número refleja cierta inoperancia para con el tratamiento de los residuos (Duverges, 2013).

Es de suma importancia encontrar métodos de tratamiento alternativos para los RSU de manera de reducir la cantidad que es desechada en los rellenos sanitarios. Se debe tener en cuenta que los residuos son una fuente de recursos importante y que, a través de la implementación de métodos de recupero, se pueden obtener materiales a ser utilizados en la industria manufacturera. Se puede observar, al menos en la CABA y en diferentes municipios de la provincia, un creciente interés por dar un tratamiento efectivo a productos en cuya composición se puede hallar plástico, cartón, vidrio, aluminio, entre otros. A través de diferentes puntos de recolección establecidos en la ciudad, campañas de concientización y programas en diferentes instituciones, se ha comenzado paulatinamente a resolver algunos de los problemas asociados a los RSU. De todas maneras, no se observa el mismo compromiso para con los residuos provenientes de los AEE.

En Argentina la implementación de un marco regulatorio referente al tratamiento de RAEE y la creación de sistema bien estructurado que incentive la apertura de nuevas plantas de reciclado, son dos pasos muy importantes a dar para lograr un tratamiento efectivo de este tipo de residuos. Como se ha mencionado anteriormente, Dalafer y Silkers, son dos de las operadoras habilitadas para el reciclaje de basura electrónica. El trabajo que realizan no es suficiente para hacer frente a la enorme cantidad de residuos que requiere ser procesada. Ambas ubicadas en la zona sur del AMBA, llegan a procesar un muy bajo porcentaje de RAEE comparado a la cantidad generada anualmente en el país.

#### **4.2.3. Gestión de RAEE**

En Argentina, ya operan varios establecimientos dedicados a la gestión de RAEE, dentro de los cuales se puede nombrar a Silkers SA, Scrapex SRL, Botrade SRL y Dalafer SRL.

Generalmente estas empresas están abocadas al tratamiento de basura electrónica relacionada con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Entender la manera en que operan, ayuda a identificar fallas en el sistema actual y evaluar posibles soluciones para facilitar el trabajo de las mismas y garantizar un tratamiento más efectivo de los residuos. Para dicho análisis se tomará como ejemplo a la empresa Silkers SA, con el fin de evaluar su desempeño y lograr un mayor entendimiento en relación al movimiento de los RAEE en el país.

Las actividades llevadas a cabo por Silkers implican el retiro, transporte dentro del país, acopio, clasificación y pre-procesamiento de AEE caídos en desuso. A partir del pre-procesamiento de piezas electrónicas se obtienen plásticos, metales ferrosos, metales no ferrosos, circuitos impresos y diferentes componentes, que son destinados al mercado interno, en donde diferentes centros de reciclado los procesan para la obtención de materia prima. Aquellos materiales o componentes que requieren algún tipo de tratamiento especial, son exportados y procesados en centros ubicados en distintos países del exterior, cuyas instalaciones son más aptas para lograr un tratamiento más efectivo. Dentro de Silkers se llevan a cabo únicamente procesos en seco, es decir, que no existen procesos químicos involucrados en la transformación de los materiales. Se los clasifica, separa, agrupa, compacta y tritura, para luego ser sometidos al procesamiento final en los centros de reciclado habilitados. Generalmente los materiales obtenidos provienen de productos electrónicos tales como, celulares sin batería, centrales telefónicas, *scrap* electrónico de telefonía, computadoras, monitores, impresoras, circuitos, entre otros. Ciertos componentes como las pilas y baterías necesitan un tratamiento diferenciado. Actualmente en Argentina no hay centros habilitados para el procesamiento de este tipo de residuos, por lo que son exportados o, lamentablemente, enterrados en rellenos sanitarios (Protomastro, 2007).



La primera instancia en relación al tratamiento de los residuos, implica el retiro o recolección de los mismos. Previo a dicho retiro, se firma un acuerdo con los generadores de RAEE para su gestión en cumplimiento con las normas ambientales vigentes. El mismo hace referencia a la valorización de los componentes recibidos y al costo de gestión. En la mayoría de los casos, la empresa retira los RAEE sin costos para el generador. Algunos de los gastos asociados tienen que ver con el transporte de los residuos, el pago de tasas ambientales y la mano de obra. El pago por rezagos electrónicos se ubica entre los 0 y 200 dólares la tonelada, dependiendo de la valorización de la carga, asociado al tipo de productos que se reciben. No se retiran componentes de RAEE contaminados como, pilas o *toners* de impresoras, ya que requieren un tratamiento diferenciado por la presencia de sustancias tóxicas o nocivas en su composición. La recolección de los residuos se lleva cabo en previa concordancia con el cliente. Cabe destacar que los RAEE son considerados peligrosos en el momento en que son desmantelados, previo a esa instancia son considerados residuos universales. En el caso de encontrar material contaminado, se requiere la implementación de un medio de transporte habilitado para el movimiento de residuos peligroso. Para la recolección de los residuos, el personal de Silkers ingresa a las plantas de acopio transitorio, según fechas, horarios y normas establecidas por el cliente (Protomastro, 2007).

Una vez recolectados, los residuos son llevados a la planta para ser sometidos a diferentes procesos de desmontaje, separación, pre-procesamiento y categorización. El desmontaje o desensamblado de los componentes se lleva a cabo manualmente, y consta de la separación de piezas plásticas, metálicas y circuitos impresos integrados. Luego, los componentes son sometidos a un proceso de molienda que los reduce. Los metales, plásticos, vidrios y demás materiales obtenidos son pesados y enviados a diferentes centros de reciclaje fuera y dentro del país. Los circuitos impresos integrados no pueden ser reciclados en el país, por lo que son exportados para su refinado y recupero de metales

base y metales preciosos, a plantas que operan en el exterior. El acopio del material seleccionado se realiza en bolsones o cajas que se mantienen en palletes dispuestos en un ambiente controlado para evitar incendios o emisión de sustancias nocivas. Aquellos componentes a ser exportados se colocan en contenedores, y a partir de ese momento se elabora un manifiesto de generación y operación de residuos peligrosos. Posteriormente, funcionarios de aduana y de la Secretaría de Ambiente verifican la carga a ser enviada a Europa y la empresa Sueca, Arc Metal o la Belga, Umicore, reciben los contenedores con entre 10 y 20 toneladas de *scrap* electrónico (Protomastro, 2007).

El trabajo que realiza Silkers SA en Argentina es muy importante. Es necesario incentivar la apertura de nuevos centros para la gestión de RAEE. A su vez, modernizar las plantas permitiría que aquellos componentes que son exportados, puedan recibir un tratamiento adecuado en el país y obtener beneficios de la recuperación de metales valiosos y tierras raras contenidas en los mismos. Para alcanzar dicho objetivo, se necesita un mayor compromiso por parte del estado y la implementación de una ley para la basura electrónica, que garantice el correcto tratamiento de la misma. Es difícil que las personas y las empresas cobren conciencia por sí solas de los problemas asociados a los RAEE, contar con un marco regulatorio bien establecido es esencial para que este tema cobre relevancia.

#### **4.3. Marco normativo**

No existe en Argentina un marco regulatorio que haga hincapié en la gestión de residuos provenientes de AEE. A pesar de que se llevan a cabo iniciativas por parte de los gobiernos en diferentes provincias y municipios, aún está en falta la aprobación de una ley de alcance nacional referente al tratamiento de RAEE. Resulta difícil lograr un cambio significativo en esta materia sin un mandato superior que obligue a las personas y empresas a buscar soluciones para lidiar con la basura electrónica.

En el año 2008, se envió al Congreso de la Nación un proyecto de ley para la gestión de los RAEE, sin embargo, por el atraso en su tratamiento perdió estado parlamentario. Debíó ser presentado un nuevo proyecto de ley en el año 2010, que recibió media sanción en la Cámara Alta. El 28 de noviembre de 2012, al no ser tratado en diputados, el proyecto volvió a foja cero, y por cuarto año consecutivo el texto quedó descartado de la agenda parlamentaria. Actualmente no se encuentra en tratativas ningún proyecto de ley relacionado a la gestión de la basura electrónica. El proyecto enviado al congreso proponía la recuperación, reciclado y reutilización de los residuos electrónicos que comúnmente terminan en rellenos sanitarios o son incinerados. Basándose en leyes que operan en diferentes países de Europa, a través de la Directiva de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (WEEE), o en Estados Unidos, a través de la Agencia de Protección Ambiental (EPA); se intenta incorporar el concepto de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) para con la gestión de RAEE. Bajo esta modalidad, las empresas que comercializan productos eléctricos y electrónicos son responsables financiera y legalmente de la gestión de sus propios residuos. A su vez, el proyecto de ley establece la prohibición, reducción y sustitución de sustancias tóxicas dentro de los productos, con un claro reflejo en la legislación europea y su directiva para la Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) (Testa, Bilbao y Pujó, 2012).

Es muy importante lograr que la normativa opere a nivel nacional y de la misma forma en todas las provincias de Argentina. De esta manera se evitan problemas asociados con el establecimiento de leyes diferenciadas en cada territorio. Por citar un ejemplo, en el año 2008 la Agencia de Protección Ambiental (APRA), anunció la puesta en marcha de campañas de recolección de RAEE, con la intención de promover el reacondicionamiento y reutilización, el recupero de materia prima, y la apropiada disposición final de los residuos que generan. Lo recolectado fue destinado a distintas ONG dedicadas a la recuperación y reacondicionamiento de AEE caídos en desuso, ubicadas en la CABA. Como se ha

mencionado anteriormente, los RAEE no son considerados peligros hasta que son desmantelados, mandato que está establecido por la Ley Nacional N° 24.051. Las operaciones involucradas en el reacondicionamiento implican en algún punto el desmontaje de componentes y el descarte de aquellos que no son de utilidad. A pesar de que las ONG abocadas a mencionada tarea no necesitan en la CABA ningún tipo de habilitación especial para llevar a cabo sus actividades, el problema surge a la hora de transportar los componentes de descarte considerados peligrosos. Para la disposición final de los residuos descartados la APRA tuvo en cuenta al centro de reciclado Silkers, ubicado en la zona sur de la Provincia de Buenos Aires. Sin embargo, los recuperadores que operaban dentro de la ciudad, se veían imposibilitados para transportar aquellos componentes que no utilizaron, en virtud de la Ley Nacional N° 24.051 y el artículo 28 de la Constitución Nacional que, adoptado por algunas jurisdicciones, prohíbe el ingreso y transporte de residuos peligrosos. Al no contar con una ley obligatoria a nivel nacional, cada jurisdicción se ve obligada a hacerse cargo del tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, lo que podría convertir a ciudades o provincias en basureros de residuos peligrosos, a raíz de una baja o nula legislación al respecto (Greenpeace, 2012).

El establecimiento de un marco regulatorio sólido, debe ser el primer paso a dar en la búsqueda de una solución para la gestión adecuada de RAEE en el país. A pesar de la implementación de ciertas campañas para con el tratamiento de la basura electrónica, el problema está lejos de ser solucionado. Los RAEE están alcanzando un rápido crecimiento y, eventualmente, hay que hallar una solución para lidiar con los mismos.

#### **4.4. Gestión de pilas y baterías en el AMBA y la CABA**

Aquello que se entiende por una correcta gestión de pilas y baterías desechadas, se encuentra en falta tanto en el AMBA como en la CABA. A pesar de ciertas iniciativas

propuestas por la APRA y el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (GCABA), aún no se logra dar un tratamiento efectivo a los residuos provenientes de pilas primarias o comunes, ni de las secundarias o recargables. A su vez, no existen en el país centros de reciclado que puedan llevar a cabo la recuperación de metales hallados en este tipo de componentes.

Dentro de las iniciativas propuesta por la APRA, se puede nombrar la Resolución 262/APRA/08, a partir de la cual se responsabiliza a los productores por la gestión de pilas y baterías desechadas. Es una medida eficaz, que prueba ser útil en varios países en donde es implementada. El problema surge de la severidad con que es aplicada la resolución. Actualmente la APRA no impone sanciones de ningún tipo, por lo que se debilita su obligatoriedad e implementación, y los objetivos propuestos en cuanto a la gestión de los residuos, distan de ser alcanzados. A su vez, la APRA propone implementar la gestión adecuada de pilas y baterías que no cumplimenten los niveles máximos de metales nocivos estipulados por la Ley N° 26.184. Sin embargo, no se encuentran definidos los procedimientos a llevar a cabo para lograr el tratamiento adecuado de este tipo de residuos más nocivos. Para aquellas pilas que cumplen con los estándares estipulados por la ley, la solución está dada por la disposición final de las mismas en rellenos sanitarios. Se aclara, que los mencionados rellenos se encuentran habilitados para el recibimiento de este tipo de residuos y cuentan con la tecnología necesaria para garantizar una disposición efectiva. Cabe destacar que la disposición final en rellenos sanitarios de este tipo de pilas, bajo ninguna circunstancia resulta inocua, por lo que se deben hallar alternativas para su tratamiento (Greenpeace, 2012).

En la CABA se pueden encontrar distintos Centros de Gestión y Participación (CGP) que reciben tanto pilas primarias, como secundarias, y trabajan en concordancia con la Resolución 262/APRA/08. Las pilas y baterías recolectadas en muchos casos terminan en rellenos sanitarios que, según el gobierno, se encuentran debidamente preparados para

recibir este tipo de residuos. Este tipo de acciones llevadas a cabo por organizaciones gubernamentales y en algunos casos ONGs, demuestran un alto grado de improvisación, por lo que se requiere un sistema mejor estructurado que garantice una gestión adecuada de las pilas y baterías desechadas. Actualmente la solución más efectiva está dada por la exportación de las mismas a centros de reciclaje en Europa y Canadá. Resulta lamentable, ya que las pilas y batería son reciclables en un alto porcentaje, y si esta actividad se llevara a cabo en el país, habría beneficios ligados a la recuperación y comercialización de los materiales a partir de los cuales son fabricadas.

En el país existe una empresa dedicada al reciclaje de pilas y baterías desechadas, conocida como IDM SA. Además de reciclar diferentes tipos de productos tales como, tubos de gases especiales, aerosoles, envases metálicos, entre otros; también procesan pilas del tipo Níquel/Cadmio, Níquel/Metal Hidruro y Ion/Litio. Sin embargo, no cuenta con la habilitación de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) (Greenpeace, 2012).

Hasta tanto Argentina adolezca de una infraestructura apropiada para el tratamiento efectivo de pilas y baterías, la mejor opción está dada por la exportación de este tipo de residuos a países del exterior que cuentan con las instalaciones apropiadas para su recuperación. El primer paso para hallar una solución a los problemas asociados al desecho inadecuado de pilas y baterías, como se ha venido mencionando, es la implementación de una ley de carácter nacional. De esta manera se estaría obligando a las personas, empresas y diferentes instituciones, a hallar maneras más eficientes para lidiar con los RAEE.

## **Capítulo 5. Desarrollo de la propuesta**

El desarrollo de la propuesta hace al objetivo general del PG. La intención es explicar de dónde surge la idea de diseñar un contenedor de pilas y baterías agotadas. A su vez, se incluye en el presente desarrollo, una investigación acerca del contexto, tanto local como internacional, de los métodos implementados para la recolección y transporte de las mismas. En última instancia se muestra el producto final y se describen las características fundamentales.

### **5.1 Origen de la propuesta**

La decisión de abordar en el presente PG la temática referida a la gestión de RAEE, proviene de un análisis previo en cuya primera instancia se evaluó la posibilidad de desarrollar un concepto más amplio, referido a la gestión de los RSU. Sin embargo, dada la gran cantidad de variables a analizar, se optó por un tipo de residuo en particular, para reducir el campo de estudio y entender más detalladamente un problema global que no es menor en ningún sentido.

El disparador que dio origen al desarrollo del presente trabajo, surge de observaciones hechas en relación a la perdurabilidad de los productos eléctricos y electrónicos. El ciclo de vida de este tipo de productos se ha visto reducido en gran medida en los últimos años. La evolución tecnológica, la moda o incluso la necesidad de actualizarse por no quedar fuera de un sistema interconectado, obligan a las personas a adquirir nuevos equipos y a deshacerse, eventualmente, de aquellos que ya no son de utilidad.

Se convive con aquellos productos que las personas dejan de utilizar. AEE caídos en desuso se acumulan en hogares, oficinas y diferentes instituciones hasta ser desechados, en gran parte de manera inapropiada. Lo que escapa a la mayoría, es el hecho de que los

RAEE poseen una variedad de agentes contaminantes que difieren en gran medida de aquellos comúnmente presentes en otro tipo de residuos. A su vez, los materiales mediante los cuales están elaborados los AEE son muy valiosos, y el porcentaje de recupero de los mismos es muy elevado. Incluso, una gran cantidad de productos desechados aún poseen la capacidad de operar y ser útiles para alguien más.

Los motivos específicos para la elección de la temática del presente trabajo, subyacen en la breve descripción elaborada en los párrafos precedentes. El análisis de alternativas para lograr un desarrollo sustentable y la búsqueda de soluciones para los problemas derivados de los RAEE, hacen a la estructura del mismo.

Es en esta búsqueda de soluciones y alternativas, donde el diseño industrial cobra gran relevancia. El rol del diseñador es determinante para lograr productos más eficientes en cuanto a su fabricación, uso y desecho. La primera etapa en el desarrollo de un producto, caracterizada por el diseño del mismo, sienta las bases que determinan la operatividad a lo largo de todo su ciclo de vida. Actualmente existen muchos problemas asociados al diseño de productos ineficientes. La producción de los mismos se da bajo mandamientos impuestos por las empresas que los comercializan, cuyo último objetivo es lograr mayor rentabilidad. Sin embargo, existen maneras de lograr resultados satisfactorios balanceando cada una de las variables involucradas en el desarrollo de un producto. Cada uno de estos conceptos, fueron abordados en el trabajo con el fin de hallar áreas de intervención para el desarrollo del proyecto final.

Hoy en día, las personas son cada vez más conscientes de la necesidad de lograr un desarrollo sustentable. No representan más a un público pasivo y existen ansias por participar con el fin de generar cambios favorables. Por ejemplo, en lo que respecta a la adquisición de productos eléctricos y electrónicos, la tendencia marca que se buscan productos más eficientes energéticamente y que reflejen un interés por la preservación de



recursos finitos. Esto demuestra que las personas están dispuestas a cambiar en cuanto a cierta actitud consumista, y las empresas adhieren al cambio ofreciendo una nueva gama de productos. De todas formas, es ingenuo creer que todas las empresas cambian por propia iniciativa. Lo más común es que los cambios devengan de imposiciones legislativas propuestas por entes gubernamentales para lograr un desarrollo más sustentable.

Adhiriendo a esta necesidad de cambio y búsqueda por parte de las personas para hallar maneras más eficientes de lidiar con los problemas asociados al consumo y la generación de residuos, la intención del presente PG es brindar una solución o mejora referente a la gestión de RAEE, puntualmente, aquellos devenidos de pilas y baterías desechadas. Habiendo realizado una investigación previa, se determinó que un punto interesante a tratar y de un desarrollo factible, se encontraba en la instancia de recolección y logística de los residuos provenientes de pilas y baterías inutilizables.

El proyecto tiene como límite contextual la CABA, por lo que un previo estudio del área en cuestión era requerido para identificar problemas asociados a la gestión de pilas y baterías. Se pudo dilucidar, que el tratamiento al que era sometido este tipo de residuos, se daba de una manera informal y poco controlada. No existe un sistema organizado para garantizar la correcta gestión de pilas y baterías. De todas maneras, hay intención por parte de la población, para lograr un tratamiento diferenciado de los residuos. Incluso, existen en la ciudad puntos de recolección administrados por empresas que comercializan productos eléctricos y electrónicos, en donde se pueden dejar aquellas pilas y baterías inutilizables para que reciban un tratamiento alternativo, probablemente más efectivo que aquel que una persona puede realizar por su cuenta.

Ante lo expuesto anteriormente, el objetivo final de presente PG, está dado por el diseño de un contenedor de pilas y baterías, que brinde una solución o mejora en cuanto a la primera instancia de desecho. Facilitando la separación según tipos, y transporte hacia los

centros de almacenaje y clasificación, de pilas y baterías primarias y secundarias. A su vez, se busca extender la perdurabilidad del producto, con el fin de que pueda ser reutilizado hasta que la resistencia del material lo permita, en los puntos de recolección establecidos en la ciudad.

Tal vez, actualmente existan otros problemas asociados a la gestión de pilas y baterías dentro de la CABA, que requieren una solución más urgente. Por ejemplo, la aprobación de una ley de basura electrónica, la apertura de centros de reciclado, o incluso, la necesidad de brindar apoyo a aquellas organizaciones abocadas a la gestión sustentable de los residuos. De todas maneras, la intención del presente proyecto es intervenir en un área en particular, que no requiere el involucramiento de entes gubernamentales para la aprobación de una ley o inversiones mayoritarias para la apertura de un centro de reciclado. El producto pretende ser útil más allá del grado de eficiencia que exista para con la gestión de pilas y baterías desechadas en determinado contexto. Si existe al menos la intención de diferenciar del resto de los residuos a las pilas y baterías agotadas, a través de un sistema que contemple su recolección en diferentes puntos, el producto desarrollado en el presente trabajo podría ser de utilidad. Obviamente, su uso sería favorable si existiera un nivel de organización aceptable en cuanto a la recolección y transporte hacia las plantas de acopio y clasificación.

## **5.2. Sistemas de recolección y contenedores utilizados**

Resulta importante previo al desarrollo del proyecto final que atiene al presente PG, dar cuenta de aquellos métodos y productos involucrados en la gestión de pilas y baterías agotadas. De esta manera, se logran identificar los problemas, así como también, las soluciones que se han encontrado, en relación a la etapa de desecho, recolección y transporte de este tipo de residuos. La intención es estudiar aquellos sistemas de

recolección y contenedores implementados fuera del contexto local, con el fin de llegar a un producto diferenciado que implique cierto grado de mejora. A su vez, se realiza un análisis en cuanto a los métodos implementados a nivel local, ya que la intención es que lleguen a utilizarse, eventualmente, en la Ciudad de Buenos Aires.

### **5.2.1. Contexto internacional**

Para el presente análisis se tuvieron en cuenta diferentes empresas que operan en países del exterior. Los sistemas de recolección presentan cierto grado de similitud, así como también, los contenedores implementados y el uso que se les da. De todas formas, existen ciertas diferencias en cuanto a la operatoria de las empresas, que permite identificar otros métodos de desecho y recolección con resultados favorables. Se tuvieron en cuenta a empresas radicadas en Alemania, Reino Unido, Canadá y Estados Unidos. La intención es describir de manera generalizada, cómo se lleva a cabo el acopio y transporte de pilas y baterías, haciendo hincapié en cada una de las etapas involucradas.

Una primera instancia de recolección de pilas y baterías es realizada por las personas que las utilizan. Con el fin de proveer un tratamiento diferenciado, aquellas pilas y baterías agotadas son depositadas en contenedores y llevadas a los puntos de recolección más cercanos. Es una práctica muy común que puede darse en el ámbito hogareño o incluso en una oficina pequeña, por citar algunos ejemplos. Para llevar a cabo la recolección, lo más conveniente es colocar las pilas y baterías en botellas de plástico o bolsas selladas. Son objetos que comúnmente terminan siendo desechados, y que de esta manera, se les puede dar un uso alternativo. Por ejemplo, las botellas de agua, gaseosa o jugo elaboradas a partir de Tereftalato de Polietileno (PET) son muy útiles. De todas formas, si la recolección de pilas y baterías se da en grandes cantidades, lo más conveniente es contar con un contenedor provisto por la empresa recolectora. Distinto es el caso de los puntos de

recolección ubicados en tiendas de productos eléctricos y electrónicos, centros comerciales o entidades públicas. En estos casos un contenedor apropiado es necesario. Cabe destacar que no todas las personas se toman la molestia de recolectar o acopiar aquellas pilas y baterías que utilizan. Un gran porcentaje es desechado junto con el resto de los RSU.

Las empresas que proveen el servicio de recolección, establecen una serie de recomendaciones para la correcta disposición de pilas y baterías agotadas. Puede que varíen según la empresa, sin embargo, existen ciertos puntos en común en las que todas hacen hincapié. Aislar las terminales de pilas botón y de litio con cinta adhesiva para evitar cortocircuitos, evitar desechar otro tipo de residuos en los contenedores, no apilar las pilas tipo botón y encintarlas, no unir con cinta pilas y baterías de química diferente, mantenerlas alejadas de líquidos o fuentes de calor y conservarlas en contenedores de plástico o cartón, fuera del alcance de los niños; representan las principales recomendaciones a tener en cuenta para la disposición de pilas y baterías agotadas en los contenedores.

Dentro de los servicios ofrecidos por las empresas, se pueden nombrar: el establecimiento de puntos de recolección, el suministro de contenedores, y la recolección de los mismos una vez agotada su capacidad. El establecimiento de puntos de recolección tiene como fin abarcar mayor territorio y aumentar la colecta de pilas y baterías. Aquellos comercios, oficinas, industrias o edificios públicos, que deseen formar parte de la red, pueden enviar una solicitud de apertura para el establecimiento de un nuevo punto de recolección. Para la recolección de los residuos, las empresas operan bajo un cronograma controlado, en donde figuran los horarios y recorridos para determinada fecha. Una vez que el contenedor agota su capacidad de carga, son informados por un controlador y en un plazo de dos días aproximadamente, proceden a recolectarlo y reemplazarlo por uno vacío.

Existe un método implementado por la municipalidad de Durham, Ontario; que difiere del descrito previamente, aunque ha mostrado resultados muy satisfactorios. En el año 2012 se llevó a cabo una colecta en la vía pública de pilas y baterías domésticas. Se estableció un servicio que operó durante dos días, en Noviembre del 2012 y Marzo del 2013. Previamente informadas, las personas colocaron las pilas y baterías agotadas, en bolsas con etiquetas identificadoras dentro de contenedores provistos por la empresa. Se llegaron a recolectar 39 toneladas métricas de pilas y baterías de todo tipo. Aunque el sistema posee sus diferencias, resulta útil evaluar otras alternativas. Cabe destacar que el accionar de ciertas empresas o instituciones en este caso, depende en gran medida del contexto en donde operen (Regional Municipality of Durham, 2014).

En relación a los contenedores utilizados por las diferentes empresas que operan a nivel global, no se hallaron diferencias significativas entre las opciones disponibles. Generalmente están elaborados en cartón o diferentes tipos de plásticos. Se utiliza polipropileno o polietileno de alta y baja densidad, dependiendo de los usos a los que estén sometidos los contenedores. A su vez, es común el uso de policarbonato en aquellos que son transparentes. La materialidad también varía de acuerdo al tamaño y carga a soportar. En aquellos lugares en donde la cantidad recolectada no es muy grande, son utilizados contenedores de cartón; en el caso de incrementar el número de pilas y baterías recolectadas, es necesaria la utilización de un contenedor de polipropileno o polietileno en sus dos variedades. Otra opción disponible es la utilización de bolsas de polietileno. No es muy común, pero su implementación se da de todas formas.

La capacidad de carga de los contenedores varía de acuerdo al contenido. Aquellos utilizados para recolectar pilas tipo botón o pequeñas cantidades de pilas y baterías comunes, poseen una capacidad de carga que ronda los 5 a 7 Kg. Se pueden encontrar a su vez, contenedores que rondan los 14, 40 y 60 kg. En las plantas de acopio o clasificación, se utilizan contenedores con una capacidad de carga de 500 kg o hasta una

tonelada. De todas maneras, son utilizados comúnmente en la recolección de baterías de automóviles, o para el movimiento de las cargas dentro de la planta.

En cuanto a los tamaños, las medidas tienden a ser diferentes dadas las variedades morfológicas existentes. Se podría realizar un estimativo de acuerdo a la capacidad de carga de los contenedores. Por ejemplo, un contenedor de cartón de 5 kg de carga mide, 90 mm de alto, por 110 mm de ancho, por 230 mm de largo; un contenedor cilíndrico con una capacidad de carga de 60 Kg mide, 700 mm de alto, por 400 mm de ancho; y una variable cilíndrica de 40 Kg mide, 626 mm de alto, por 335 mm de ancho. No existe una gran diferencia entre las medidas si se tiene en cuenta la carga. Generalmente, lo que se busca en los contenedores es que ocupen la menor superficie posible, en aquellos lugares a donde vayan a ser colocados.

En cuanto a la manera en que se ven y distinguen los contenedores, las empresas tienden a aplicar algún tipo de gráfica que las identifica. De esa manera las personas pueden asociar los colores a la empresa y al servicio que ofrecen. A su vez, en algunos casos cuentan con instrucciones para la correcta disposición de las pilas y baterías, así como también, indicaciones que establecen los tipos a ser depositados en el contenedor (Ver Fig. 1).

En esta primera instancia de análisis, la intención es exponer las maneras en que determinadas empresas operan, en relación a los sistemas de recolección implementados y al uso de contenedores. Se evaluarán las posibilidades de incorporar cambios, al momento de establecer el programa de diseño.

### **5.2.2. Contexto nacional (CABA)**

En el contexto local, puntualmente en la CABA, resulta difícil encontrar lugares a donde poder acercar pilas y baterías agotadas para que reciban un tratamiento diferenciado. A excepción de ciertas iniciativas propuestas por distintas empresas y organizaciones, todavía no existe un sistema de gestión adecuado en donde los productores y comerciantes se hagan cargo de los residuos.

Las pilas primarias pueden ser desechadas junto con el resto de los RSU, ya que no representan un riesgo sustancial para el medio ambiente y la salud de las personas. Se han estipulado para este tipo de pilas, restricciones en el uso de componentes nocivos, principalmente metales pesados, por lo que su desecho en rellenos sanitarios está permitido. De todas formas, siempre es una mejor opción reciclarlas para lograr el recupero de materiales. Aquello que no es recomendable, es el desecho de las pilas y baterías secundarias siguiendo el mismo canal de los RSU. Las empresas y organizaciones abocadas al tratamiento diferenciado de este tipo de residuos, recomiendan llevarlas a los centros de recolección establecidos en la Ciudad. Generalmente presentan componentes altamente tóxicos, por lo tanto, se debe evitar su desecho en rellenos sanitarios. A su vez, no resulta conveniente acumularlas sin tener claro el destino posterior. Si una campaña de recolección es llevada a cabo, se necesita resolver de antemano el tratamiento final al cual van a ser sometidas.

Para el análisis contextual local, se decidió acumular una cierta cantidad de pilas, tanto secundarias como primarias, con el fin de encontrar métodos efectivos para su disposición final en la Ciudad. En un principio, se realizó una búsqueda a través de internet, con el fin de identificar aquellos lugares o puntos de recolección que recibieran pilas y baterías agotadas. El Gobierno de la Ciudad cuenta con un buscador online en donde se indican los puntos de recolección de manera diferenciada, según las marcas o empresas

productoras de AEE. Las empresas que figuran como receptoras de pilas y baterías agotadas son: Canon, Dell, Energizer, Eveready, Kodak, Duracell, Hewlett-Packard, IBM, Lenovo, Motorola, Nextel, Nokia, Panasonic, Philips, Probattery, Rayovac, Sony y Telecom (Buenos Aires Ciudad, 2014).

Con el fin de identificar los métodos de recolección implementados, se realizó una recorrida por siete puntos de recolección ubicados en los barrios de Palermo, Belgrano y Balvanera. Se pudo determinar que algunos puntos manejados por marcas conocidas, recibían únicamente productos fabricados por la empresa. Parece ser que existe una falta de consenso para lograr el tratamiento diferenciado de pilas y baterías de manera conjunta. En otros lugares, solo eran aceptadas pilas y baterías secundarias o recargables. No hay información disponible para determinar qué tipos de pilas y baterías se reciben en cada uno de los puntos de recolección. De todas formas, se pudo dejar la totalidad de pilas acumuladas, tanto secundarias como primarias, en un centro reciclador ubicado en la zona de Balvanera.

En cuanto a los contenedores, se utilizan en la mayoría de los casos aquellos elaborados a partir de cartón. Generalmente, son proveídos por la empresa encargada de la gestión de pilas y baterías. En el momento en que agotan su capacidad de carga, son recolectados y reemplazados por uno vacío. En ningún caso se pudo determinar la manera en que se lleva a cabo la recolección, así como tampoco, los métodos implementados. Las pilas y baterías dispuestas en los contenedores, son colocadas en bolsas de plástico para aislar las terminales y evitar cortocircuitos. Algunos puntos de recolección establecidos no contaban con contenedores (Ver Fig. 2).

A través del recorrido, se pudieron identificar una empresa y ONG que cobran relevancia en cuanto a las acciones para lograr un tratamiento diferenciado de pilas y baterías agotadas. Las mismas son: Scrap y Rezagos SRL, y Ecovolta. Scrap y Rezagos SRL es



una empresa dedicada al reacondicionamiento de RAEE, así como también, promotora de prácticas sustentables en cuanto a la gestión de este tipo de residuos. Cuenta con los permisos necesarios para la exportación de pilas y baterías, primarias y secundarias, hacia centros de reciclaje en Europa. A su vez, actúa como consultora para la gestión integral de residuos. Por otra parte, en Ecovolta realizan campañas de concientización para con la gestión de pilas y baterías y fomenta la implementación de prácticas sustentables. Proveen contenedores a empresas a través de una donación, y se ocupan de las tareas de recolección de las pilas y baterías. Se utilizan contenedores de cartón o botellas de plástico.

En definitiva, se puede decir que aún queda un gran camino por recorrer para la implementación de un sistema efectivo en cuanto a la gestión de pilas y baterías en la CABA, así como también, de los RAEE en general. A pesar de las iniciativas propuestas por empresas y organizaciones independientes, es requerida una mayor intervención por parte del gobierno para garantizar el tratamiento efectivo de este tipo de residuos. De todas formas, todos los agentes involucrados en la fabricación y uso AEE, deben demostrar un mayor compromiso. Para lograr un avance significativo las acciones deben tomarse en conjunto.

### **5.3. Producto final**

Previo al diseño del contenedor, es necesario establecer un programa de necesidades o requerimientos para lograr un producto eficiente. En esta sección se elaborará en mencionado programa y, en última instancia, se podrá observar el producto terminado.

### **5.3.1. Programa de diseño**

El sistema de recolección de pilas y baterías agotadas en la CABA no llega a ser del todo eficiente. A partir del análisis previamente elaborado se pudo determinar que pocos lugares reciben este tipo de residuos. Está claro que existen otras cuestiones a resolver, antes que el diseño de contenedores que pretenden brindar soluciones más efectivas para la recolección y transporte de pilas y baterías. En primer lugar se debería efectivizar, justamente, la recolección y transporte de las mismas. A pesar de esto, no debe descartarse la posibilidad de utilizar el producto que se desarrolla en el presente trabajo, en un contexto en el cual, finalmente se logre implementar un sistema funcional que garantice el tratamiento diferenciado de pilas y baterías dentro de la Ciudad de Buenos Aires. Incluso, el uso del producto no necesariamente debe estar ligado de manera exclusiva al contexto analizado. Si el desempeño es eficiente, no se descarta su implementación en aquellos lugares en donde la gestión de pilas y baterías agotadas se lleve a cabo de manera apropiada.

En la CABA, la recolección de pilas y baterías se da a través de dos canales, los denominados puntos verdes, y en comercios o diferentes instituciones. A pesar de que actualmente la recolección y transporte de las mismas no se realice de una manera del todo efectiva, las alternativas más factibles para lograr un tratamiento diferenciado de pilas y baterías agotadas, están dadas por los métodos previamente mencionados. Se asume que, en el eventual caso en que se decida buscar una solución para con la gestión de pilas y baterías, tanto el Gobierno de la Ciudad como la APRA, buscarán efectivizar la recolección a través de puntos verdes y tiendas de electrónica y electrodomésticos. Por dichos motivos, la intención es que el uso del producto se de en estos lugares.

En un principio, para el desarrollo de un proyecto es necesario establecer un programa de necesidades o listado de requisitos. En el mismo figuran los condicionantes y restricciones

para lograr un producto que cumpla con las funciones requeridas por el mismo. No necesariamente tenga que ver con aspectos pura y exclusivamente técnicos o funcionales, se puede hacer alusión a la estética del mismo, e incluso a cómo es percibido por las personas. Para el diseño del contenedor, se establecieron una serie de pautas referentes a la fabricación, uso y desecho del mismo, con el fin de lograr un producto eficiente en relación a cada una de estas etapas.

En cuanto a su fabricación, el producto debe estar elaborado a partir de materiales accesibles, en cuanto a precio y disponibilidad; sin dejar de contemplar la efectividad operativa de los mismos. Los procesos de manufactura a los cuales van a ser sometidos dichos materiales no deben ser complejos, de manera de evitar un gasto energético innecesario. A su vez, el material que vaya a estar en contacto con las pilas y baterías, no debe conducir la electricidad dada la posibilidad de que se produzcan corto circuitos por el contenido de la carga. Es importante evitar el uso de varios materiales para la fabricación del contenedor. La intención es reducir el uso de recursos innecesarios.

El uso del producto debe garantizar una mejora en cuanto a las operaciones logísticas de las empresas recolectoras y del personal contratado. En primer lugar debe estar indicado el tipo de carga requerido por el contenedor, así como también, las advertencias necesarias para su correcta manipulación. Debe contar con manijas que faciliten la carga y descarga del contenido, y el transporte del mismo. Se debe contemplar el ahorro de espacio en los puntos en donde vaya a ser ubicado.

Finalmente, el recambio de piezas dañadas no debe ser complejo. Si eventualmente, es necesario desechar alguna parte dañada del producto, se debe contemplar el uso de materiales reciclables para lograr un tratamiento efectivo al final de su vida útil. A su vez, en el caso en que se requiera algún tipo de desmontaje de piezas o partes, facilitar su desvinculación con el fin de reducir el trabajo manual.

Los requerimientos establecidos previamente pueden sufrir cambios en el momento en que se diseña el producto. Es importante que no sean muy restrictivos en cuanto a la elaboración de una idea, de manera de ampliar la posibilidad de desarrollo. Aquellos aspectos que difieran en cuanto a los requerimientos iniciales, serán indicados al momento de presentar la propuesta final.

### **5.3.2 Descripción del producto**

El producto al que finalmente se llegó consta de dos módulos que representan los contenedores. No se tiene en consideración la colecta de baterías de herramientas eléctricas o de gran tamaño. Su uso se puede dar en diferentes puntos verdes establecidos por la empresa recolectora, así como también, comercios o diferentes instituciones (Ver Fig. 3).

Morfológicamente se puede evidenciar la predominancia de formas cilíndricas en alusión a las pilas y baterías a ser depositadas en los mismos. Se buscó generar una propuesta armoniosa y evitar la adición de elementos superfluos. Armar un producto compacto era esencial para conseguir un ahorro de espacio en los lugares en donde vaya a ser colocado.

Los colores son grises o neutros predominantemente, a excepción de aquellos utilizados con fines indicativos. El verde representa la categoría de pilas y baterías recargables, como una alternativa más ecológica; y el amarillo es indicativo de pilas y baterías comunes.

En cuanto a su uso, la intención es que el contenedor sea colocado en aquellos lugares identificados como puntos verdes por las empresas recolectoras. Los módulos, a los que se hizo referencia previamente, son encastrables y poseen una tapa que hace las veces de cobertor y sostén para las bolsas plásticas en donde, en última instancia, deben ser colocadas las pilas y baterías antes de ser desechadas. Al momento de agotarse la

capacidad de carga, un operario de la empresa recolectora realiza el vaciado en otro contenedor, que luego es llevado hacia los centros de acopio y clasificación, o directamente hacia las plantas de reciclaje.

El producto está elaborado a partir de un material en común que es el acrílico. Los módulos parten de una lámina de dicho material, cortada a laser y luego curvada hasta lograr la forma deseada, a los que luego se les colocan los adhesivos indicativos. La tapa también es una lámina de acrílico cortada a laser, con su adhesivo correspondiente. Las piezas que hacen las veces de encastre son de acrílico cortado a laser; uno de sus agujeros debe ser mecanizado para su vinculación con la estructura principal mediante tornillos. Los tubos de PVC que representan los contenedores, son piezas estándar sometidas a diferentes procesos para llegar a las medidas deseadas. Las piezas que sirven de agarre son cilindros de acrílico mecanizado, aunque, se puede evaluar la utilización de otro material dado el costo de esta pieza. Los tornillos y tuercas utilizadas son piezas estandarizadas (Ver Fig. 4).

El conjunto final mide 750 mm de alto, 508 mm de largo y 191 mm de ancho. No es un producto excesivamente grande dado los lugares en donde va a ser colocado. A su vez, su manipulación no resulta demasiado compleja, si por caso, es utilizado en ámbitos muy concurridos.

## Conclusiones

En la cotidianeidad el uso de AEE se ha vuelto muy común. Es llamativa la evolución que ha habido en el sector en los últimos años y los múltiples usos que poseen los nuevos productos. Sin embargo, dada la rápida evolución tecnológica, el ciclo de vida útil que poseen se ve reducido drásticamente. Siempre existe la tentación de cambiar aquel producto viejo por una nueva versión mejorada y más eficiente. En algunos casos el cambio es necesario, ya que los productos nuevos son diseñados para lograr un consumo más eficiente de energía, y a la vez se contempla el uso de materiales menos nocivos para su fabricación. De todas maneras, la rapidez con que se dan estos cambios es abrumadora y los desechos provenientes de AEE crecen a la par de esta evolución. Parece ser que el camino que se está siguiendo es inevitable, en cualquier ámbito siempre existe la necesidad de introducir cambios para mejorar la calidad de vida de las personas. En el caso de los productos electrónicos, es importante que estos cambios se den teniendo en cuenta experiencias previas. Estudiar opciones más eficientes en cuanto al diseño, fabricación, uso y desecho de los mismos, resulta esencial para reducir el impacto ecológico que su consumo implica.

A partir de la elaboración del trabajo, se ha descubierto que un manejo eficiente de la basura electrónica se da únicamente bajo un sistema que contemple el ciclo de vida completo de los AEE. Desde el planteo inicial de una idea hasta el desecho final de un producto, conceptos tales como el ahorro de energía y recursos, limitación en el uso sustancias nocivas o escasas, facilidades para lograr un reciclaje efectivo, entre otros; deben ser tenidos en cuenta para lograr alternativas más ecológicas.

La introducción de leyes y regulaciones impuestas por entes gubernamentales u organizaciones, parece ser el primer paso para lograr una solución efectiva a la problemática de los RAEE. En muchos casos las personas se muestran indiferentes o

desconocen las consecuencias del mal manejo de la basura electrónica, por lo que resulta necesario que aquellas instituciones abocadas a la protección del medio ambiente, brinden información y establezcan pautas de conducta a seguir. Para las grandes empresas productoras de AEE es necesario un control riguroso de sus actividades. El concepto de responsabilidad extendida del productor, debe ser implementado más allá de los problemas de rentabilidad que un producto pueda llegar a tener, lo importante es que las normativas rijan para todos los productores y grandes empresas.

De todas formas, para lograr un desarrollo sustentable en el área de los productos eléctricos y electrónicos, todas las personas involucradas en el diseño, fabricación, uso y desecho de los mismos, deben comprometerse con la causa. Por más insignificante que sea el aporte, una buena acción siempre suma. Las disciplinas involucradas en lograr un desarrollo sustentable, en cuanto a las etapas que integran el ciclo de vida de los AEE, son variadas. Para la fabricación de este tipo de productos probablemente se requiera la intervención de un equipo de ingenieros, por ejemplo. El establecimiento de leyes y regulaciones para garantizar el tratamiento efectivo de los residuos, requiere la intervención de juristas o abogados. La etapa de diseño y planificación es muy importante también, y es en este punto en donde el rol del diseñador industrial cobra gran relevancia.

La instancia inicial de desarrollo define las características que va a poseer un producto. Sienta las bases en cuanto al desempeño del mismo a lo largo de todo el ciclo de vida. Se han descrito en el presente PG, algunas de las opciones que desde el diseño se pueden dar para lograr el desarrollo de propuestas más sustentables. Efectivizar el consumo de energía, contemplar el uso de materiales reciclables, garantizar la posibilidad de reparar, reacondicionar o re-manufacturar productos de manera sencilla, incorporar métodos efectivos para el desmantelamiento de componentes previo al reciclaje; son decisiones a ser tomadas en la instancia de planificación o diseño de AEE. En muchos casos, este tipo de decisiones se ven frenadas por distintos factores dentro de una empresa, la mayoría de

las veces asociados a los costos y rentabilidad de los productos. Sin embargo, se viene dando en los últimos tiempos, un cambio de actitud por parte de los consumidores y algunos productores, en cuanto al desarrollo sustentable de los productos que utilizan y fabrican, respectivamente. El cambio es necesario, y en la medida en que más personas adhieran al mismo, las soluciones efectivas para con el tratamiento de los RAEE no tardarán en llegar.

El aporte que el PG pretende dar a la disciplina del Diseño Industrial guarda relación con lo descrito anteriormente. Es en parte una denuncia, y en parte una guía o referencia para lograr el diseño de productos eléctricos y electrónicos más responsables, en cuyo desarrollo se contemple el ahorro de recursos y conservación del medio ambiente y salud de las personas. A su vez, la intención es generar una toma de conciencia a través del mismo, más allá de la problemática puntual que se aborda al final.

En referencia a esta problemática particular, el presente trabajo analiza cuestiones que atienen al uso de una pieza muy común en AEE inalámbricos. Se eligió profundizar en temáticas referidas al tratamiento de pilas y baterías desechadas, por ser un problema con el que se tiene cierta proximidad. Existe una gran desinformación por parte de la población general acerca del tratamiento efectivo de este tipo de residuos. Brindar información y promover prácticas a ser implementadas fue uno de los objetivos de este trabajo.

Se ha descubierto que las opciones más convenientes están dadas por las pilas y baterías secundarias y recargables. La utilización de las mismas reduce en gran medida el impacto que producen las pilas comunes al ser desechadas, ya que se prolonga el ciclo de vida y se generan menos residuos. A su vez, cabe destacar que las pilas y baterías poseen un alto porcentaje de materiales reciclables, muchos de los cuales son muy valiosos, por lo que lograr su procesamiento resulta ser una solución muy conveniente. Para lograr dicho objetivo la implementación de un sistema estructurado y organizado es fundamental. El



desecho, recolección, almacenamiento y reciclaje son factores que deben tener el mismo grado de importancia para lograr un resultado satisfactorio.

Está claro que en Argentina no existe actualmente un sistema que garantice el tratamiento efectivo de los RAEE. Ante la falta de una ley de carácter nacional, es poco probable que se lleve a cabo la gestión adecuada de los mismos. Se nota una falta de compromiso por parte de los entes gubernamentales para hacer frente a los problemas asociados a la basura electrónica. Pareciera ser que existen otros temas de mayor urgencia por el momento. A pesar de ciertas iniciativas llevadas a cabo por empresas y diferentes organizaciones, se requiere un compromiso mayor para lograr la gestión efectiva de los RAEE. Un compromiso mayor por parte del gobierno, las empresas y las personas.

Los problemas no escapan al desecho inapropiado de pilas y baterías. Existen falencias en cuanto al tratamiento de este tipo de residuos, que están lejos de ser solucionadas. A pesar de todo, en el presente PG la intención era hallar maneras efectivas para la recolección de pilas y baterías agotadas, a través del diseño de un contenedor. Aunque las mejoras introducidas no representen un cambio sustancial, en cuanto problema global de la basura electrónica, siempre es útil la intervención en algún punto para lograr un resultado positivo. Aún queda por ver qué tan efectivo resulta el producto. De todas formas, se tuvieron en cuenta todos los problemas identificados en relación al acopio y transporte de pilas y baterías, con el fin de cumplir con los requerimientos para lograr un producto tecnológicamente factible y adecuado a su situación de uso.

Hallar maneras efectivas de lidiar con los residuos en general, debe ser una prioridad en la búsqueda de un ambiente más sano. En la mayoría de los casos son recursos valiosos que terminan siendo incinerados o desechados, sin considerar un tratamiento alternativo. En una época en donde está claro que la perdurabilidad de los recursos no es eterna, es imprescindible fomentar su ahorro y, en los casos en que sea posible, reciclarlos. Por el

momento algunas prácticas no resultan económicamente viables, pero llegará el tiempo en que resulten necesarias. Puede que los cambios sean paulatinos, sin embargo, es necesario que se produzcan. El agotamiento de los recursos y la generación de residuos no es un problema que vaya a ser grave a futuro, es un problema actual que requiere una solución. Todas las personas pueden dar su aporte, por más ínfimo que sea. Lo importante es generar un cambio de conciencia para lograr un desarrollo sustentable en todas las áreas posibles.

El rol del diseñador industrial en esta búsqueda de soluciones sustentables cobra gran relevancia. Más allá de la interdisciplinariedad que existe en el desarrollo de un producto, en donde interviene ingenieros, sociólogos, personas del área de marketing, entre otros; aquel que termina dando forma a una idea es el diseñador. Está claro que en cualquier proyecto existen distintas variables, tales como el tiempo, dinero, ciertas reglas a seguir, o la disponibilidad tecnológica con la que se cuenta, que influyen en la consecución de la idea original. Lo importante es lograr la solución más efectiva con aquellos recursos con los que uno dispone. La solución más efectiva en cuanto a todas las instancias en el ciclo de vida de un producto.

## Imágenes seleccionadas



Figura 1: Elaboración propia



Figura 2: Elaboración propia



Figura 3: Elaboración propia



Figura 4: Elaboración propia

## Lista de referencias bibliográficas

- Buenos Aires Ciudad. (2014). *Desarrollo Sustentable*. Disponible en: [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med\\_ambiente/apra/des\\_sust/res\\_esp/empresa\\_r\\_coleccion.php?menu\\_id=32341](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/res_esp/empresa_r_coleccion.php?menu_id=32341). Recuperado el: 24/11/2014.
- Californians Against Waste. (2013). *E-waste Laws in Other States*. Disponible en: [http://www.cawrecycles.org/issues/ca\\_e-waste/other\\_states](http://www.cawrecycles.org/issues/ca_e-waste/other_states). Recuperado el: 03/06/2013.
- Carrol, C. (2008). High-Tech Trash. *National Geographic Magazine*, 213 (1), 66-81.
- Espinosa D. C. R. y Mansur M. B. (2012). *Recycling batteries*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 365-383). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- E-Waste Guide. *Hazardous Technologies*. (2013). Disponible en: <http://ewasteguide.info/hazardous-technologi>. Recuperado el: 03/06/2013.
- Fischer K., Wallen E., Laenen P. P. y Collins M. (2008). *Battery Waste Management life Cycle*. Manuscrito no publicado.
- Fishlock, R. (2011). *Summary of Electronic Waste Regulations in Canada*. Manuscrito no publicado.
- Goosey, M. (2009). *Introduction and Overview*. En Hester, R. E. y Harrison, R. M. (Ed.). *Electronic Waste Management. Design, Analysis and Application* (p. 1-39). Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Goosey, M. (2012). *The materials of WEEE*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 123-142). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Grant, K., Goldizen, F., Sly, P., Brune, M., Neira, M., Van den Berg, M. y Norman, R. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *The Lancet*, 1 (6), 350-361.
- Ijomah W. L. y Danis M. (2012). *Refurbishment and reuse of WEEE*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 145-161). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Gudewort A. (2013). *Gestión de pilas y baterías en Argentina*. Buenos Aires: INTI.
- Kiddee, P., Naidu, R. y Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: An Overview. *Elsevier*, 33 (5), 1237-1250.
- Makenji K. y Savage M. (2012). *Mechanical methods of recycling plastics from WEEE*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 212-235). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Puckett, J., Byster, L., Westervelt, S., Gutierrez, R., Davis, S., Hussain, A. y Dutta, M. (2002). *Exporting Harm. The High-Tech Trashing of Asia*. Seattle: Basel Action Network.
- Regional Municipality of Durham. (2014). *Battery Recycling Program*. Disponible en: <http://www.durham.ca/works.asp?nr=departments/works/waste/batteries.htm&setFooter=/includes/wasteFooter.inc>. Recuperado el: 24/11/2014.
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*. 408, 183-191.
- Salehabadi, D. (2013). *Transboundary Movements of Discarded Electrical and Electronic Equipment*. Manuscrito no publicado.
- Schmidt, W. C. (2002). E-junk explosion. *Environmental Health Perspectives*, 110 (4), 188-194.
- Schluep, M., Hagelueken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., Mueller, E., Wang, F. (2009). *Recycling. From E-waste to Resources*. Berlín: Oktoberdruck AG.
- Tischner U. y Hora M. (2012). *Sustainable electronic product design*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 405-439). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- United Nations Environment Programme (2009). *Recycling-From E-waste To Resources*. Manuscrito no publicado.
- United Nations Environment Programme (2012). *WEEE/E-waste take back system*. Manuscrito no publicado.
- United States Environmental Protection Agency. (2007). *Management of Electronic Waste in the United States*. Disponible en:

<http://www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/recycling/docs/fact7-08.pdf>.  
Recuperado el: 03/06/2013.

Vidal, J. (2013). *Toxic 'e-waste' dumped in poor nations, says United Nations*. Disponible en: <http://www.theguardian.com/global-development/2013/dec/14/toxic-ewaste-illegal-dumping-developing-countries>. Recuperado el: 03/06/2013.

## Bibliografía

- Buenos Aires Ciudad. (2014). *Desarrollo Sustentable*. Disponible en: [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med\\_ambiente/apra/des\\_sust/res\\_esp/empresa\\_r\\_coleccion.php?menu\\_id=32341](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/res_esp/empresa_r_coleccion.php?menu_id=32341). Recuperado el: 24/11/2014.
- Californians Against Waste. (2013). *E-waste Laws in Other States*. Disponible en: [http://www.cawrecycles.org/issues/ca\\_e-waste/other\\_states](http://www.cawrecycles.org/issues/ca_e-waste/other_states). Recuperado el: 03/06/2013.
- Carrol, C. (2008). High-Tech Trash. *National Geographic Magazine*, 213 (1), 66-81.
- Espinosa D. C. R. y Mansur M. B. (2012). *Recycling batteries*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 365-383). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- E-Waste Guide. *Hazardous Technologies*. (2013). Disponible en: <http://ewasteguide.info/hazardous-technologi>. Recuperado el: 03/06/2013.
- Fischer K., Wallen E., Laenen P. P. y Collins M. (2008). *Battery Waste Management life Cycle*. Manuscrito no publicado.
- Fishlock, R. (2011). *Summary of Electronic Waste Regulations in Canada*. Manuscrito no publicado.
- Goosey, M. (2009). *Introduction and Overview*. En Hester, R. E. y Harrison, R. M. (Ed.). *Electronic Waste Management. Design, Analysis and Application* (p. 1-39). Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Goosey, M. (2012). *The materials of WEEE*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 123-142). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Grant, K., Goldizen, F., Sly, P., Brune, M., Neira, M., Van den Berg, M. y Norman, R. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *The Lancet*, 1 (6), 350-361.
- Gudewort A. (2013). *Gestión de pilas y baterías en Argentina*. Buenos Aires: INTI.



- Ijomah W. L. y Danis M. (2012). *Refurbishment and reuse of WEEE*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 145-161). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Kiddee, P., Naidu, R. y Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: An Overview. *Elsevier*, 33 (5), 1237-1250.
- Makenji K. y Savage M. (2012). *Mechanical methods of recycling plastics from WEEE*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 212-235). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Protomastro G. F. (2013). *Minería urbana y la gestión de los residuos electrónicos*. Buenos Aires: Ediciones Isalud.
- Puckett, J., Byster, L., Westervelt, S., Gutierrez, R., Davis, S., Hussain, A. y Dutta, M. (2002). *Exporting Harm. The High-Tech Trashing of Asia*. Seattle: Basel Action Network.
- Regional Municipality of Durham. (2014). *Battery Recycling Program*. Disponible en: <http://www.durham.ca/works.asp?nr=departments/works/waste/batteries.htm&setFooter=/includes/wasteFooter.inc>. Recuperado el: 24/11/2014.
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*. 408, 183-191.
- Salehabadi, D. (2013). *Transboundary Movements of Discarded Electrical and Electronic Equipment*. Manuscrito no publicado.
- Schmidt, W. C. (2002). E-junk explosion. *Environmental Health Perspectives*, 110 (4), 188-194.
- Schlupe, M., Hagelueken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., Mueller, E., Wang, F. (2009). *Recycling. From E-waste to Resources*. Berlín: Oktoberdruck AG.
- Thompson R. (2007). *Manufacturing processes for design professionals*. Londres: Thames & Hudson.
- Tischner U. y Hora M. (2012). *Sustainable electronic product design*. En Goodship V. y Stevels A. (Ed.). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) handbook* (p. 405-439). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

United Nations Environment Programme (2009). *Recycling-From E-waste To Resources*. Manuscrito no publicado.

United Nations Environment Programme (2012). *WEEE/E-waste take back system*. Manuscrito no publicado.

United States Environmental Protection Agency. (2007). *Management of Electronic Waste in the United States*. Disponible en: <http://www.epa.gov/epawaste/conserve/materials/ecycling/docs/fact7-08.pdf>. Recuperado el: 03/06/2013.

Vidal, J. (2013). *Toxic 'e-waste' dumped in poor nations, says United Nations*. Disponible en: <http://www.theguardian.com/global-development/2013/dec/14/toxic-ewaste-illegal-dumping-developing-countries>. Recuperado el: 03/06/2013.

Castells X. E. (2012). *Reciclaje y Tratamiento de Residuos Diversos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.