

## Buenas prácticas para el destino final de los residuos electrónicos

### *Best practices for the destination of electronic waste*

**James Edward Humberstone Morales**

Ingeniero en Ciencias de la Computación, UFG 2010. Maestro en Informática aplicada a Redes, UFG 2015. Investigador en el Centro de Modelaje Matemático y Laboratorio de Nanotecnología; docente de la Facultad de Ingeniería y Sistemas, docente de Postgrados y Educación Continua, Universidad Francisco Gavidia.  
jhumberstone@ufg.edu.sv

Fecha de recepción: 8/1/2017  
Fecha de aceptación: 18/5/2017

#### RESUMEN

El acelerado aumento en el consumo de dispositivos eléctricos y electrónicos ha generado un incremento en la elaboración de dichos productos. Debido a los diseños que reducen la vida útil de estos artículos, se ha apresurado la generación de los residuos electrónicos. Uno de los principales desafíos del desarrollo Tecnológico es el adecuado manejo de los elementos tóxicos de estos desechos, para prevenir un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas.

**Palabras cables:** residuos electrónicos, educación medioambiental, buenas prácticas.

#### ABSTRACT

*The rapid increase in consumption of electrical and electronic devices has led to an increase in the preparation of such products. Because the designs that reduce the lifespan of these articles has been quick generation of electronic waste. One of the main challenges of technological development is the proper management of toxic elements such waste, to prevent a negative impact on the environment and health of people.*

**Keywords:** *electronic waste, environmental education, best practices.*

## Introducción

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define los residuos electrónicos (RE) como “cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, y que hayan alcanzado el fin de su vida útil” (UNESCO, 2010, p.26). En esta definición se incluyen aparatos domésticos como refrigeradores, equipos de sonido, televisores, etc. Así mismo, se incluyen los aparatos electrónicos de consumo como teléfonos celulares y computadoras.

Cada día se desechan toneladas de residuos electrónicos en el mundo, creando un gran desafío para el desarrollo tecnológico. Este desafío consiste en tratar adecuadamente los componentes de dichos desechos, que en su mayoría contienen materiales perjudiciales a la salud de las personas y el medioambiente. Pero también, materiales de valor cuya recuperación se convierte en una fuente de comercialización.

Según el periódico *La Página* (2012), el Ministro de Economía (2012-2014), Armando Flores; confirmó que El Salvador importó aproximadamente 31,000 toneladas de equipos electrónicos entre los años de 1994 a 2012 y en el mismo período, acumuló 21,000 toneladas de desechos electrónicos.

“En el 2014 el país generó 30,000 toneladas de desechos electrónicos según el informe de la Universidad de Naciones Unidas”, (*La Prensa Gráfica*, 2016).

En el 2012 Kathy Castro, especialista en manejo integral de desechos sólidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

(MARN), explicó que en el país no hay empresas dedicadas a la recolección de desechos electrónicos, ni un sistema de gestión que pueda responder adecuadamente al tratamiento de los actuales volúmenes de residuos, por lo que son los segregadores de basura los que los recolectan para extraer los componentes de valor y comercializarlos en diferentes establecimientos informales (Ecojuventud, 2012). Según Castro, el manejo inadecuado de estos desechos y la forma artesanal de extracción de las partes de valor; contamina el suelo, el agua y el aire.

En el 2013 el MARN autorizó la creación de la primera planta de procesamiento de desechos sólidos electrónicos, a la empresa ZARTEX. Sin embargo, la cantidad de basura electrónica que se genera en el país es mucho mayor a la cantidad que puede procesar la planta.

La solución a este problema, daño ambiental por tratamiento inadecuado de los residuos electrónicos, es complejo; requiere de la participación activa de todos los sectores de la sociedad, la formación de las personas en educación ambiental, la creación de centros especializados en la recolección y tratamiento de estos desechos, entre otras cosas.

## 1. Objetivo

Esta investigación tiene como objetivo exponer ¿Cuáles son las buenas prácticas que se pueden implementar en nuestro país para mitigar el daño ambiental que genera el tratamiento inadecuado de los residuos electrónicos? Para que sirva de referencia en futuras investigaciones, donde la meta sea evaluar el impacto de estas prácticas.

## 2. Composición de los desechos electrónicos

Cuando se eliminan o reciclan desechos electrónicos sin control alguno, existe una alta probabilidad de que se generen impactos negativos en el medioambiente y en la salud de las personas. Los desechos electrónicos contienen más de mil substancias diferentes, muchas de las cuales son tóxicas.

Según Alejandro Prince (2009), para fabricar una computadora de escritorio se requieren: 1,240 kilos de combustible equivalente a más de diez veces de su peso; 22 kilos de químicos; 1,500 litros de agua y metales pesados como mercurio, berilio, cadmio, entre otros. Al final de su vida útil se puede recuperar y reutilizar el 25% de sus partes, se puede reciclar el 72 % de los materiales y el 3% restante corresponde a los residuos contaminantes, que se debe tratar adecuadamente.

Un teléfono celular está compuesto por 50% de plástico, 28% de metales pesados, 15% de vidrio y cerámica y con el adecuado tratamiento estos materiales se pueden reciclar una vez finalizada su vida útil. El 7% restante corresponde a sustancias tóxicas como plomo, cadmio y selenio entre otros.

Los desechos electrónicos representan cientos de millones de dólares en metales. Según Protomastro (como se citó en Uca y Garcés, 2009), “si se considera un 100% de eficiencia en la recolección de materiales se podría obtener en una tonelada de desechos electrónicos: 796 dólares en cobre; 7,600 dólares en oro; 1,792 dólares en paladio y 1,527 dólares en platino” (p. 101). De ahí que el reciclaje de los desechos electrónicos tiene potencial para ser un negocio atractivo.

De manera que es de interés para todos los países, desarrollar modelos de gestión para el tratamiento desechos electrónicos que protejan el medioambiente y permitan obtener una adecuada rentabilidad de la recuperación y reciclaje de los componentes de valor.

## 3. Iniciativas desarrolladas en el país

Según el MARN (2012), el 30 de agosto de 2012 la alcaldía de Santa Tecla lanzó una campaña de recuperación de desechos electrónicos, convirtieron las viejas cabinas telefónicas en depósitos para recolectar desechos electrónicos y posteriormente los exportaron a Hong Kong para su reciclaje. Fueron 18 sitios de Santa Tecla, entre centros escolares y parques municipales, los que se beneficiaron con la limpieza y recolección de estos residuos.

En marzo de 2013 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en cooperación con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Secretaría de los Convenios de Basilea, Estocolmo y Rotterdam (SBSR) impartieron en el país el Taller centroamericano para el fortalecimiento de capacidades en la gestión ambiental responsable de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Con dicho taller se buscó discutir el papel que actualmente desempeñan las normas y políticas en la lucha contra los desechos electrónicos. Además, se aprovechó el evento para exponer: los métodos de gestión de desechos electrónicos de acuerdo a los estándares internacionales de la UIT y la Guía sobre la recuperación/reciclaje ambientalmente responsable de equipos de computadoras al final de su vida útil.

En la resolución 18009-522-2013 emitida en junio 2013, el MARN otorgó a la empresa ZARTEX la autorización para crear en el país la primera planta de procesamiento de desechos sólidos electrónicos, cuyas actividades son la recolección, procesamiento, segregación, almacenamiento y exportación de material sólido electrónico hacia China.

ZARTEX utiliza el siguiente procedimiento de recolección:

1. Las empresas interesadas en desechar los equipos eléctricos y electrónicos solicitan el servicio de recolección a ZARTEX, como parte de la solicitud proporcionan el inventario de los equipos que les interesa entregar.
2. ZARTEX realiza una inspección para evaluar el estado de los equipos según el inventario proporcionado.
3. ZARTEX hace una oferta, si es aceptada por la empresa interesada se programa la recolección de los equipos.
4. Los equipos son pesados en las instalaciones de ZARTEX y entrega un comprobante a la empresa interesada para verificación.
5. ZARTEX realiza el pago.
6. ZARTEX procesa los desechos eléctricos y electrónicos para exportarlos hacia China.

En abril de 2014 representantes del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales participaron en la segunda edición de la Academia de Residuos Electrónicos para

Gerentes (EWAN). En este evento se enfatizó la oportunidad de aprovechar los residuos electrónicos para contribuir a la lucha contra el cambio climático.

Según *La Prensa Gráfica* (2016), desde el 2011 la Curacao y los almacenes SIMÁN han impulsado iniciativas para recoger aparatos electrónicos dañados o en desuso. Y en el 2012, Tigo El Salvador lideró un proyecto de escala global para la disposición final de los desechos electrónicos de sus productos.

En el 2015, con el objetivo de promover la quinta campaña de recolección de equipos electrónicos en desuso organizada por almacenes SIMAN se unieron las instituciones: FUNDEMAS, Radio Corporación, Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI), Cámara de Comercio e Industria de El Salvador (CAMARASAL) y las empresas TIGO, ESET, ZARTEX. Según Alejandra Rochac, los equipos recolectados en la jornada fueron entregados a la empresa ZARTEX para su debido reciclaje en el exterior.

#### **4. Iniciativas desarrolladas en otros países**

Hoy en día se está difundiendo un nuevo paradigma en la gestión de los residuos electrónicos que consiste en una política ambiental denominada Responsabilidad Extendida de Productores (REP). Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) se debe ampliar la responsabilidad de los productores hasta la finalización del ciclo de vida de un producto, incluyendo su eliminación (Widmer, Krapf, Sinha-Khetriwal, Schnellmann y Boeni, 2009). Esto significa que los productores deben

asegurar la recolección y adecuado tratamiento de sus productos desechados.

En América Latina, se han desarrollado diversos proyectos de reacondicionamiento (*refurbished*) de computadoras, a partir de iniciativas sociales, con el objetivo reducir la brecha digital a través de la donación de equipos informáticos. Según Heiz, Uca y Ott (2009), el modelo de referencia fue la iniciativa canadiense “*Computers for Schools*” y el programa más exitoso en Latinoamérica es “Computadoras para Educar” desarrollada por el Ministerio de Educación colombiano, que en el 2007 entregó 28,000 computadoras a escuelas, alcanzando así un total de 110.000 desde sus inicios en 2001.

Según Kiomi (2009), en Brasil, las computadoras en desuso están siendo destinadas a iniciativas de inclusión digital a través del Proyecto Computadoras para la Inclusión (Proyecto CI). El proceso de reacondicionamiento de los equipos informáticos y la operación logística de distribución son realizados por el Gobierno en colaboración con profesionales jóvenes provenientes de segmentos sociales desfavorecidos.

El objetivo del Proyecto CI es implementar una red nacional de reutilización de equipos usados, para reducir la brecha digital.

Empresas como Apple y Amazon han encontrado un nuevo nicho de mercado comercializando productos reacondicionados. Recientemente la agencia de noticias Reuters (2016), informó que Samsung se sumará a las compañías que venden productos reacondicionados. Estas empresas están mejorando sus ingresos al recolectar versiones viejas de sus productos o los productos

defectuosos, para repararlos y los venderlos a un precio menor.

El Laboratorio Federal Suizo para Prueba e Investigación de Materiales (EMPA) ha puesto en marcha el programa internacional denominado “Asociación de Conocimientos en Reciclaje de Residuos-e” (Heiz *et al.*, 2009), financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos de Suiza. En colaboración con grupos de la industria, el Gobierno y distintas ONG. Este programa apoya el establecimiento de sistemas adecuados de gestión de residuos electrónicos en Sudáfrica, India y China. Recientemente el Gobierno suizo está preparando su ampliación para América Latina, con Colombia y Perú como los países piloto.

## **5. Educación medioambiental en el currículum escolar como alternativa de solución**

La falta de información por parte de las personas para actuar de una forma adecuada y la falta de hábitos son causas que están presente en la mayoría de los problemas (contaminación, tráfico, etc.). Por tanto, en el día a día se producen conductas que tienen impactos negativos, causando así problemas y eventualmente crisis. De manera que, para solucionar los problemas se requiere hacer cambios de actitud y valores en las personas (Instituto del medio ambiente Gylania [IMA], 2001).

Formar a las personas en educación ambiental es una solución a largo plazo que permitirá lograr los cambios deseados en las personas, respecto al cuidado del medioambiente. Según el MARN (2016), la educación ambiental consiste en

fomentar las habilidades, destrezas, valores y conocimientos que favorezcan una cultura de respeto al medioambiente.

Esto implica que, para lograr un desarrollo sustentable ambiental de nuestra sociedad se deben actualizar las currículas que utilizan actualmente los centros educativos, de esta manera se tendrá un mayor efecto; al formar profesores, líderes comunitarios, funcionarios públicos y profesionales que propongan actividades encaminadas a mejorar la calidad de vida de las personas y el cuidado del medioambiente.

Según Díaz, Ambrosi, Castro, Banchoff y Raimundo (2014) a partir del 2014 la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata imparte la asignatura Tecnología Verde como optativa para los estudiantes de quinto año de las licenciaturas en Informática y en Sistemas, como una forma de encaminar la educación ambiental.

Julia Marroquín (2015) señaló que en nuestro país las universidades están realizando esfuerzos por incluir temas de la educación ambiental dentro de la formación profesional de los estudiantes.

- En los profesorado y en el Curso de Formación Pedagógica se imparte el seminario: Educación Ambiental y Cambio Climático.
- En la Universidad Luterana se imparte la asignatura de Cambio Climático y Sociedad en la Licenciatura de Trabajo Social y la asignatura Cambio Climático en Ingeniería Agroecológica.

- En la Universidad Francisco Gavidia en la asignatura de Ética se imparte el tema de Cambio Climático.

- En cuanto a estudios continuos, la Universidad Francisco Gavidia ofrece el Diplomado en Legislación Ambiental Aplicada. Por su parte, la Universidad de El Salvador ofrece un Diplomado de Especialización en Geotermia.

Sin embargo, la formación de conductas para la protección del medioambiente debe ser un objetivo fundamental de los planes y programas de estudio, explicó la comisión nacional del medioambiente de Chile (IMA, 2001). Eso significa, que la educación ambiental no debe ser una asignatura más, o una actividad extraescolar, sino que debe ser integrada en todo el currículum.

## 6. Buenas prácticas que se deben adoptar

1. Crear una legislación específica sobre el tratamiento de residuos electrónicos, donde se defina los roles tanto del Gobierno como de las empresas. Algunos países latinoamericanos están comenzando a incorporar en su agenda política la gestión de residuos electrónicos.
2. Dentro de la legislación se debe incluir la política ambiental de Responsabilidad Extendida de los Productores (REP). En nuestro país abundan las empresas importadoras de aparatos eléctricos y electrónicos; las cuales compran estos dispositivos a productores internacionales que ya han adoptado esta política. Por tanto, una alternativa viable es que las empresas importadoras de nuestro país

utilicen mecanismos para la recolección de estos desechos y los pongan a disposición de sus proveedores.

3. Desarrollar proyectos de reacondicionamiento de equipos informáticos, que involucren a jóvenes profesionales provenientes de segmentos sociales desfavorecidos, para que apoyen el proceso logístico de recolección, reacondicionamiento y distribución de los equipos informáticos; así como la capacitación de estos a la población beneficiada.

Por medio de estos proyectos se extiende la vida útil de los equipos informáticos. Se reduce la población desempleada y se apoya la reducción de la brecha digital y la inclusión social a través de la donación de computadoras a bibliotecas y escuelas públicas.

4. El reciclaje de residuos electrónicos es un mercado emergente que se debe aprovechar. En ese sentido, se debe motivar y apoyar la creación de empresas que procesen adecuadamente los desechos electrónicos. Por el momento, en nuestro país solamente existe una empresa autorizada para procesar este tipo de desechos.
5. Se debe formar a las personas en educación ambiental, ya que es una solución a largo plazo que permitirá lograr los cambios deseados en las personas respecto al cuidado del medioambiente. Por tanto, es importante incluir dentro de la currícula escolar la educación ambiental. Pero no como una asignatura o una actividad extraescolar, sino que debe ser integrada en todo el currículum.

## 7. Conclusiones

- El acelerado aumento de la generación de residuos electrónicos en nuestro país está provocando un impacto negativo en el medioambiente. Ante esta situación es necesario, como acción inmediata, comenzar a fomentar la educación ambiental en la población, con el objetivo de concientizar a las personas sobre los daños ocasionados al medio ambiente y los efectos nocivos en la salud de las personas que generan el trato inadecuado de los residuos electrónicos; así como difundir las buenas prácticas que se pueden realizar para extender la vida útil de los dispositivos eléctricos y electrónicos.
- Necesitamos que la educación ambiental trascienda a las nuevas generaciones para rescatar el medioambiente y hacerlo sostenible. Esto se puede lograr incluyendo dentro de la currícula escolar la educación ambiental.
- Es importante la participación ciudadana para definir una normativa sobre el tratamiento adecuado de los residuos electrónicos. Que autorice una responsabilidad extendida para importadores de dispositivos eléctricos y electrónicos del país, con el objetivo de que estos incluyan dentro de su cadena de valor empresarial el reciclaje y la recuperación de los componentes de valor de los residuos electrónicos.
- Finalmente, es oportuno incentivar y fortalecer las relaciones entre la empresa privada y las instituciones académicas para realizar investigaciones en conjunto que permitan el nacimiento de nuevas empresas

que se dediquen al tratamiento de los residuos electrónicos.

## 8. Referencias bibliográficas

Boeni, H., Uca, S., & Ott, D. (2009). Reciclaje de residuos electrónicos en América Latina. Panorama general, desafíos y potencial. En E. S.-P. IDRC, *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*. (pp. 51-66). Santiago de Chile: Ediciones SUR.

Díaz, J., Ambrosi, V., Castro, N., Banchoff, C., & Raimundo, M. (2014). Por qué incluir Green IT en la currícula de Informática. *IX Congreso sobre Tecnología en Educación & Educación en Tecnología*. Buenos Aires. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/38360/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/38360/Documento_completo.pdf?sequence=1)

EcoJuventud. (25 de junio de 2012). Residuos electrónicos amenazan a El Salvador. Recuperado de <http://ecojuventudsv.blogspot.com/2012/06/residuos-electronicos-amenazan-el.html>

Instituto del medio ambiente Gylania. (2001). *Educación para el desarrollo sustentable en el currículum escolar*. Santiago de Chile. Recuperado de [http://www.sinia.cl/1292/articles-13351\\_manual\\_zip.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-13351_manual_zip.pdf)

Kiomi, C. (2009). Proyecto de computadores para la inclusión. Reacondicionamiento e inclusión digital en Brasil. En E. S.-P. IDRC, *Gestión de residuos electrónicos en América Latina* (pp. 239-266). Santiago de Chile: Ediciones SUR.

*La Página*. (7 de mayo de 2012). País acumula 21 mil toneladas de desechos informáticos.

Recuperado de <http://www.lapagina.com.sv/cultura/66091/2012/05/09/Pais-acumula-21-mil-toneladas-de-desechos-informaticos>

*La Prensa Gráfica*. (4 de enero de 2016). Incentivan la recolección de desechos electrónicos. Recuperado de <http://www.laprensagrafica.com/2016/01/04/incentivan-la-recoleccion-de-desechos-electronicos>

MARN. (30 de agosto de 2012). Santa Tecla lanza programa de recuperación de desechos electrónicos. Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/santa-tecla-lanza-programa-de-recuperacion-de-desechos-electronicos/>

MARN. (2013). RESOLUCIÓN MARN-No- 18009-522-2013. Recuperado el 16 de 09 de 2016, de <http://seaweb.marn.gob.sv/sea/Documentos/18009/18009RESOLAMB..pdf>

MARN. (21 de marzo de 2013). San Salvador sede del Taller Centroamericano de Capacitación sobre Gestión Ambientalmente Responsable de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/san-salvador-sede-del-taller-centroamericano-de-capacitacion-sobre-gestion-ambientalmente-responsable-de-residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos/>

MARN. (4 de abril de 2014). El Salvador es sede de evento internacional sobre residuos electrónicos. Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/el-salvador-es-sede-de-evento-internacional-sobre-residuos-electronicos/>

Marroquín, J. M. (2015). Implementación de la Responsabilidad Social en la Univesridad

Francisco Gavidia: Medio Ambiente. *Congreso de Docentes y Estudiantes UFG 2015*. San Salvador.

Prince, A. (2009). Recuperación y reciclado de PC en América Latina y el Caribe. En E. S.-P. IDRC, *Gestión de residuos electrónicos en América Latina* (pp. 67-97). Santiago de Chile: Ediciones SUR.

Reuters Group Limited. (22 de agosto de 2016). Samsung plans refurbished smartphone program: source. Recuperado de <http://www.reuters.com/article/us-samsung-elec-phones-refurbishment-idUSKCN10X0FT>

Rochac, A. (04 de septiembre de 2015). TIGO y Almacenes SIMÁN lanzan campaña en apoyo al medio ambiente. Recuperado de <http://www.dinero.com.sv/index.php/es/empresarial/item/510-tigo-y-almacenes-siman-lanzan-campa%C3%B1a-en-apoyo-al-medio-ambiente>

Silva, U., & Garcés, D. (2009). Responsabilidad extendida del productor en la gestión de residuos electrónicos. Un modelo replicable en Chile. En E. S.-P. IDRC., *Gestión de residuos electrónicos en América Latina* (pp. 99-120). Santiago de Chile: Ediciones SUR.

UNESCO. (2010). *Los residuos electrónicos: Un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y del Caribe*. Recuperado de <http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/comunicacion-informacion/LibroE-Basura-web.pdf>

Widmer, R., Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Boeni, H. (2009). Introducción general: Perspectivas globales sobre residuos electrónicos. En E. S.-P. IDRC., *Gestión de residuos electrónicos en América Latina* (págs. 23-48). Santiago de Chile: Ediciones SUR.