

Diagnóstico de generación y manejo de los residuos eléctricos y electrónicos en instituciones educativas: un caso de estudio

Araiza Aguilar, J. A.¹, Escobar López, K. B.², Nájera Aguilar, J. A.²

Fecha de recepción: 16 de agosto de 2016 – Fecha de aprobación: 30 de septiembre de 2016

RESUMEN. Los residuos electrónicos han aumentado de manera importante en todas las regiones del mundo, debido a que la utilización de aparatos y equipos electrónicos se presentan de manera masiva en los distintos sectores de la vida del ser humano (industrial, servicios, económicos. etc.), incidiendo esta situación en una nueva problemática de tipo socio-ambiental, de salud, y donde las instituciones educativas no son ajenas a esta problemática. En este trabajo se realizó un diagnóstico de la situación actual respecto al manejo de los residuos electrónicos generados en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, cuantificando los tipos de residuos electrónicos y se plantearon propuestas de solución para contrarrestar lo acontecido actualmente. Como resultados del diagnóstico, se encontró que, del total de los artículos almacenados en las bodegas de la institución, el 66% son residuos electrónicos, en su mayoría equipos de cómputo y monitores tipo CRT. Con respecto a las etapas de manejo de residuos electrónicos, se observó que las áreas de almacenamiento no cuentan con las medidas de protección o seguridad, por lo que se planearon distintas alternativas de solución, esperando también que el presente trabajo al ser uno de los primeros reportados en su tipo, sirva de base para estudios similares en instituciones de educación superior.

Palabras clave: Instituciones educativas, generación de residuos electrónicos, manejo de residuos, residuos eléctricos y electrónicos

Diagnosis of generation and management of electrical and electronic waste generated in educational institutions: a case study

ABSTRACT. Electronic waste has increased significantly in all regions of the world, due to the massive use of electrical equipment and appliances in different sectors of human life, influencing this situation in a new issue type socio-environmental, health, and where educational institutions are not immune to this problem. This paper presents an analysis of the current situation regarding the management of electronic waste generated at the University of Science and Arts of Chiapas, in which the types of electronic waste are quantified, also management proposals were developed to improve the current situation. Because of the diagnosis, it was found that of the total items stored in the institutional repository, 66% are electronic waste, corresponding mainly to computer equipment. With respect to the stages of electronic waste management, it is noted that storage areas do not have the protection or security measures, so that various alternative solutions were planned. Finally, it is expected that this work can serve as a basis for similar researches.

Key Words: Educational institutions, electrical and electronic waste, generation of electronic waste, waste management.

¹ Autor de correspondencia: araiza0010@hotmail.com Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. Circuito interior s/n., Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán, México.

² Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.

Este artículo de investigación es parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Ing. R.A., Vol. 20, No. 2, 2016.

INTRODUCCIÓN

Los Residuos Electrónicos (RE) también conocidos por su terminología en inglés como e-waste, e-scrap, e-trash, WEEE, entre otros, se refieren a todos los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) que han perdido su propósito original (Widmer *et al.* 2005; Ott 2008). En México están clasificados como Residuos de Manejo Especial (RME) de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), y definidos por la misma en su artículo 19 sección VIII como:

“Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, de los fabricantes de productos electrónicos y de otros que, al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico” (DOF 2003).

Desde mediados de los años 90s, los RE han aumentado de manera importante en todas las regiones del mundo, debido a que la producción y la utilización de AEE se presentan de manera masiva en los distintos sectores de la vida del ser humano, incidiendo esta situación en una nueva problemática de tipo social, ambiental y de salud, sobre todo por la vida útil tan corta que se les provee a los AEE.

Se calcula que cada año entre 20 y 50 millones de toneladas (MT) de productos electrónicos al término de su vida útil, se descartan en todo el mundo, y en América Latina cerca de 4 millones (**Figura 1**) (Schwarzer *et al.* 2005; Herat y Agamuthu 2012; Magalini *et al.* 2015).

En el contexto de México, tan solo en el 2006 se estimó que la generación de RE fue de entre 150,000 y 250,000 toneladas, siendo éste el primer

acercamiento a la magnitud del problema, ya que se desconocían cifras hasta ese entonces. Para 2015 se estimó que la generación fue de alrededor de las 350,000 toneladas, tan solo por debajo de Brasil en el contexto latinoamericano, y seguramente aumentarán estas cantidades debido al apagón analógico contemplado para finales de 2015, en donde grandes cantidades de televisores dejarán de ser usados, convirtiéndose en RE (INE 2007; Mendoza 2015).

Desde una perspectiva ambiental, la problemática se presenta debido a que el porcentaje de recuperación para los RE es muy bajo, siendo de alrededor del 35% en países industrializados, mientras que en México es de tan solo un 5 a 11%, aun cuando la cantidad de metales presentes en el RE es de alrededor del 60% (**Figura. 2**). Lo anterior, ocasiona que varios de los componentes de los residuos lleguen a parar a tiraderos a cielo abierto o rellenos sanitarios en el mejor de los casos, en donde pueden ponerse en contacto con el ser humano o ambiente, sobre todo, cuando se practica la quema para reducir el volumen o recuperar metales (Armijo 2011, Arroyo 2012).

Entre las principales sustancias tóxicas presentes en los RE, se encuentran los bifenilos policlorados y éteres bifenílicos polibromados, altamente persistentes en el ambiente y bioacumulables, los cuales al incinerarse pueden ser precursores de la formación de dioxinas y furanos. Por otro lado, varios tipos de metales pesados también se encuentran presentes, como Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo hexavalente (Cr^{+6}), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Selenio (Se), Bario (Ba) y Berilio (Be), que con el tiempo pueden ser lixiviados al suelo o liberadas a la atmósfera.

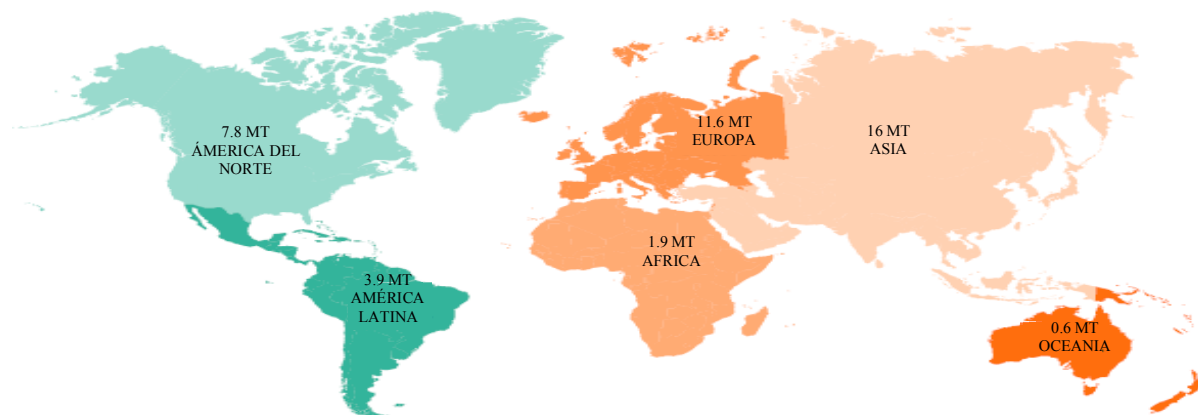
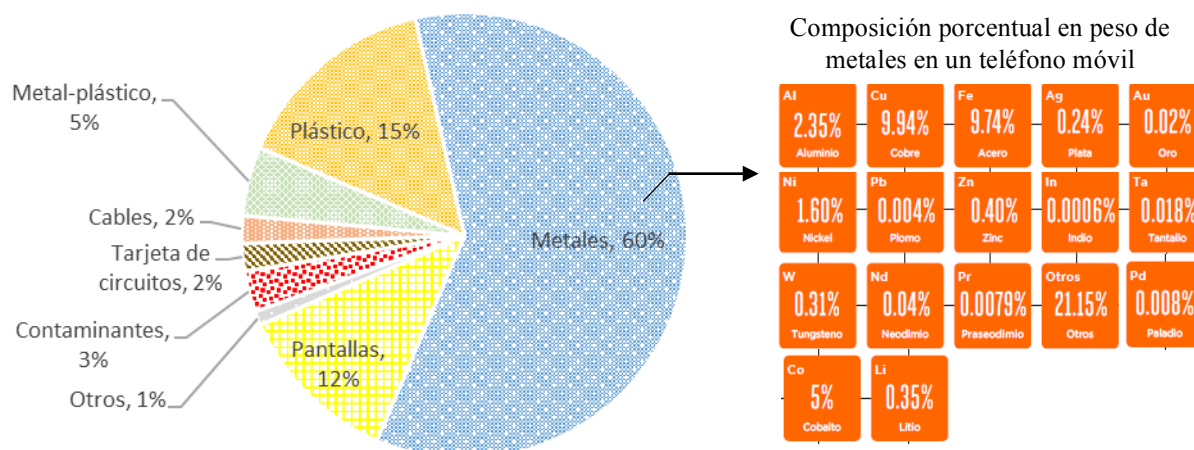


Figura 1. Generación de RE a nivel mundial
Fuente: adaptado de Magalini *et al.* (2015)

**Figura 2.** Composición de los REFuente: adaptado de Widmer *et al.* (2005) y Magalini *et al.* (2015)**Figura 3.** Exportación de RE a nivel mundial

Fuente: adaptado de Lewis (2010) y Lundgren (2012)

Lo anterior se agrava debido al movimiento transfronterizo de los RE. En referencias como Osibanjo y Nnorom (2007), Ni y Zeng (2009), Widmer *et al.* (2009), Lewis (2010), Prakash y Manhart (2010) y Manhart *et al.* (2011), se describe que desde la década de los 80s, países industrializados ya sea con motivos de reducir la llamada brecha digital, compra-venta de AEE de segunda mano, o simplemente como negocio comercial para el reciclaje, envían grandes cantidades de AEE o RE (según sea el caso) a países en vías de desarrollo de África y Asia primordialmente, como Ghana, Kenia, Pakistán, India e inclusive China, gracias a que sus

legislaciones son incipientes, movilizandó la problemática generada por los residuos al país de compra o adquisición (**Figura. 3**).

Es importante mencionar que las regulaciones no se desarrollan a la par del crecimiento constante de los RE. Dentro de los principales tratados internacionales para frenar el movimiento transfronterizo, se encuentra el convenio de Basilea referente a los residuos peligrosos, además del convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, pero aún falta regular al interior de los países, en donde únicamente casos aislados en países

de Europa, han logrado adoptar legislaciones para establecer la llamada responsabilidad extendida entre productores, generando mayor oportunidad de aprovechamiento de materiales, y reduciendo impactos ambientales.

En el contexto de América Latina, no existen regulaciones específicas para el manejo al final de la vida útil de los AEE, tampoco restricciones en el contenido de sustancias químicas, con excepción de las baterías de plomo; únicamente se cuenta con algunos proyectos voluntarios de recolección y desensamblaje. De manera muy similar a lo acontecido en América latina, en el contexto de México a pesar de la creciente atención internacional sobre la temática, aún no se cuenta con una legislación específica para el manejo de los RE, y dentro de la que actualmente existe, no queda claro si deben considerarse como residuos peligrosos o de manejo especial, debido a las ambigüedades con algunos componentes presentes en el RE (Arroyo *et al.* 2012; CFN-INE 2012; Gavilán *et al.* 2014a)

El caso de las instituciones educativas

En México de acuerdo a la Subsecretaria de Educación Superior, existen 365 Instituciones Educativas (IE) públicas de nivel superior, entre universidades federales, estatales, institutos tecnológicos y demás (SSES 2015), en donde la problemática del manejo de los RE no está exenta, pues debido al constante crecimiento interno en busca de la excelencia académica, apertura de nuevas sedes, actualizaciones en infraestructura, entre otros factores, se hace necesaria la adquisición de AEE, sobre todo de equipos informáticos y especializados para los laboratorios.

Por ejemplo, en cifras publicadas por Gavilán *et al.* (2014b), muestran que la existencia de computadoras tanto personales como de escritorio para el año 2010 en México, fue de alrededor de 25 millones de unidades, con tasas de recambio o desecho de alrededor del 50% anual para este tipo de equipos, siendo éstos los que en mayor medida se emplean en IE.

Desafortunadamente, parece ser que al igual que ocurre en otros sectores, hace falta definir estrategias para el manejo de los RE dentro de las IE, debido a que en muchos casos la política ambiental, leyes orgánicas o normatividad interna, no los reconoce como residuos y problemática, salvo contadas excepciones, como por ejemplo lo reportado en UTP (2012), UDS (2014) y UA (2015), en donde IE de España y Sudamérica, desarrollan sistemas de gestión de RE, con el objeto establecer las metodologías que

mejoren la eficiencia en la recolección selectiva, fomenten la valorización, reutilización y el reciclaje de estos equipos en desuso.

Es en este sentido y bajo las experiencias anteriormente citadas, se presenta un estudio de la situación actual respecto al manejo de los RE generados en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), cuantificando los tipos de RE, y planteado mejoras y alternativas a la gestión ambiental actual dentro de la UNICACH, además, este trabajo puede servir de base para realizar investigaciones futuras en diversas instituciones tanto educativas como gubernamentales.

Cabe mencionar y enfatizar que en este trabajo no se pretende exponer a los actores, sino más bien hacer conciencia en la comunidad universitaria, que los RE pueden ser perjudiciales tanto al ser humano como al ambiente, además de que es posible realizar un manejo adecuado con ellos.

Área de estudio y contexto

La UNICACH en los últimos años se ha potenciado como una institución que participa activamente en el desarrollo y transformación del estado de Chiapas. Ha ampliado y diversificado su oferta educativa, regionalizándola principalmente a municipios como Mapastepec, Palenque, Reforma, Villa Corzo, Motozintla, Huixtla, además de Tonala, Acapetahua, Chiapa de Corzo y por supuesto, Tuxtla Gutiérrez. Como universidad pública refrenda el compromiso de atender con sus servicios educativos a toda la población por igual, contribuyendo con el 1.14 % de la matrícula estatal, al contar con 5,421 alumnos en los niveles de profesional asociado y licenciatura (UNICACH 2011a; UNICACH 2011b).

La referida apertura de sedes en distintas zonas del estado, ha traído como consecuencia que entre los años de 1995 y 2002, se hayan adquirido poco más de 1,000 AEE, entre computadoras personales, impresoras, módems, teléfonos, equipos de laboratorio, etc.

Cabe hacer mención que muchos de los AEE, específicamente el equipamiento de laboratorio y de computo, son adquiridos por los docentes (investigadores) cuando obtienen recursos de otras fuentes que no necesariamente es la propia IE, por lo cual, a veces no son registrados éstos AEE como adquisiciones de la IE, sino hasta después de cierto tiempo, para obtener beneficios como el seguro y las actualizaciones o composturas en software o hardware, dificultándose la cuantificación de AEE.

MATERIALES Y MÉTODOS

- ❖ **Recopilación de información.** Esta fase consistió en la adquisición de información de tipo bibliográfico, acudiendo a informes oficiales de dependencias como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y variados artículos de carácter informativo. Por otro lado, mediante visitas de campo (meses de febrero y junio de 2014), y entrevistas con el personal que opera el sistema de manejo de RE dentro de la UNICACH, se obtuvo información de mayor detalle sobre las fases de manejo para este tipo de residuos, principalmente se analizó una base de datos con información de los equipos y materiales obsoletos o dados de baja dentro de la IE.
- ❖ **Análisis de la información.** Una vez obtenida la información de la fase anterior, se procedió a realizar un inventario sobre la tipología de los residuos y las cantidades generadas.
- ❖ **Elaboración de diagnóstico y propuestas.** En esta última fase se procedió a elaborar los reportes y gráficas necesarias para la interpretación adecuada de la información, así mismo, se analizó el estado actual en el que se encuentran los RE generados en la UNICACH y el manejo que se le da a los mismos. Se identificaron a los responsables de darle un uso y mantenimiento adecuado, además de las políticas existentes dentro de la IE. Como última actividad, se propusieron alternativas de manejo, considerando las posibilidades económicas de la Universidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Derivado del proceso de levantamiento de información y de su análisis, a continuación se

presentan los resultados de la revisión en las fases del manejo de los RE en la UNICACH.

Manejo de los RE dentro de la IE

Una vez que los AEE dejan de cumplir su función ya sea por descompostura o actualización, el área administrativa de control patrimonial es la encargada en la UNICACH de salvaguardar al referido equipo como RE.

En esta área se almacena además de los RE, a otros materiales como estantería y muebles de oficina que pasan a ser propiedad de la Universidad, y se elabora con ellos una base de datos, describiendo el tipo de artículo, las características, la fecha de adquisición, la procedencia y algunas observaciones muy breves.

Posteriormente, los RE junto a los otros materiales se disponen en 3 bodegas ubicadas en instalaciones de la propia universidad, las cuales tienen un área aproximada de 20 m² cada una. Cabe mencionar que estas bodegas reciben artículos provenientes tanto de las facultades y oficinas ubicadas en Tuxtla Gutiérrez, como de las diversas sedes en otros municipios de la entidad.

La problemática observada en el área de bodegas, radica básicamente en que no se cuentan con ningún tipo de sistema de seguridad para limitar el acceso a personas ajenas, alumnos no autorizados o inclusive fauna.

Por otro lado, existe un desorden al interior de las bodegas, debido a que los RE se encuentran apilados junto a otros materiales como muebles de oficina e inclusive, partes de equipamiento mecánico de motocicletas (**Figura. 4**).

Tanto al interior como exterior de las bodegas, se pudo observar la falta de atención y mantenimiento, dejando a la intemperie a varios de los RE, los cuales pueden convertirse en focos de exposición para el personal de trabajo y alumnado.



Figura 4. Bodegas de almacenamiento y RE apilados

Por otro lado, tal y como se mencionó en párrafos anteriores, ni la Ley Orgánica (POE 2011), ni los estatutos generales (UNICACH sf), y mucho menos dentro del Plan Universitario de Gestión de Riesgos de la UNICACH (UNICACH 2010), se contempla la problemática con los RE, siendo este aspecto de gran importancia, ya que por ejemplo, en el Reglamento de Investigación y Posgrado (UNICACH 2000), para establecer un programa de posgrado, se solicita contar con los recursos tanto humanos como de equipamiento y materiales, pero en ningún momento se establece qué hacer, cuando éstos equipos dejan de ser funcionales y pueden convertirse en una problemática.

RE almacenados

De los 2,042 artículos almacenados desde 1995 hasta 2011 en las bodegas de la UNICACH, el 66% son RE, mientras que el porcentaje restante (34%) corresponden a otro tipo de artículos, como escritorios, pizarrones, sillas, estantería, materiales mecánicos, entre otros.

Por otro lado, la tipología de RE con mayor presencia en las bodegas, son los monitores tipo CRT con el 18%, seguidos de los CPUs con el 13%, lo cual es debido a que estos AEE son los que en mayor medida sufren recambios por los periodos de actualización tan cortos.

En la **figura 5** se muestra en detalle los porcentajes de artículos o materiales almacenados en las bodegas de la UNICACH.

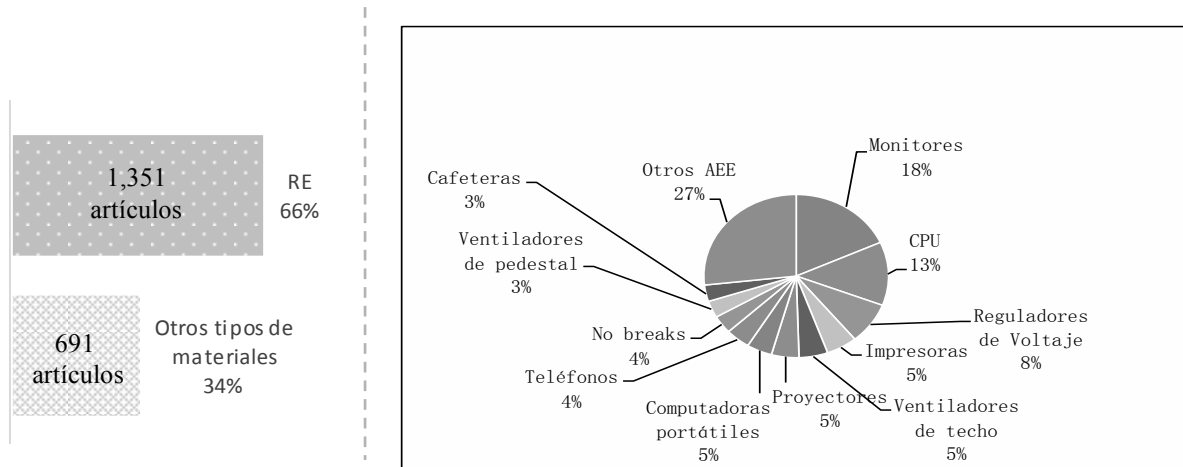
Un aspecto muy importante es el cambio en los equipos o tecnología empleada en la Universidad, lo cual puede observarse en la **figura 6**. Es importante observar que a partir del año 2000, comienzan a aparecer las computadoras portátiles en las adquisiciones de la UNICACH, con un aumento hacia los años 2007 a 2009, además, siendo notable el descenso en el uso de CPUs y monitores tipo CRT.

Es importante hacer mención que la mayor parte de los docentes de tiempo completo, en la actualidad tienen un computador portátil en lugar de uno de escritorio, el cual seguramente no está dado de alta como adquisición de la IE.

Propuestas y alternativas

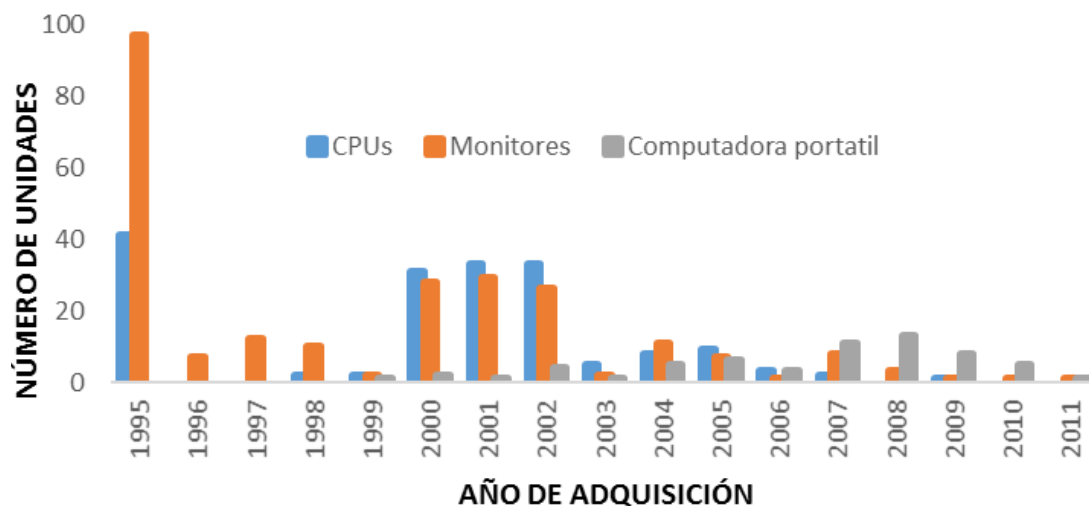
Una vez conocido el manejo de los RE dentro de la IE, se procedió a realizar las propuestas considerando las posibilidades económicas de su ejecución. Las referidas propuestas se exponen a continuación considerando las fases de manejo:

- ❖ **Generación.** El manejo de RE debe comenzar por la generación de los mismos, cuidando que se puedan aprovechar al máximo cuando todavía se consideren AEE en uso. En este sentido, la UNICACH debe crear un programa para fomentar y extender el uso al máximo en los AEE empleados tanto por administrativos como por académicos y alumnos.



a) Total de RE y materiales almacenados

b) Tipología de RE almacenados

Figura 5. Artículos almacenados en bodegas de la UNICACH

Figura 6. Adquisiciones de CPUs, monitores y computadoras portátiles en la UNICACH

Debe fomentar en la comunidad universitaria primordialmente, el cuidado de AEE y realizar en la medida de lo posible, algunas rotaciones en equipos de cómputo, por ejemplo, enviándolos a otras sedes donde se necesita mayor equipamiento.

Otra medida que ha sido exitosa en algunas instituciones de gobierno, es la de arrendar el equipo de cómputo o servicio de copiadoras para el área administrativa. Con esto se favorece que la empresa arrendadora mantenga en correcta operación los equipos, al mismo tiempo que los periodos de

actualización sean los mejores y con el plus de que la empresa arrendadora será la responsable de los RE.

Por otro lado, es necesario contar con criterios específicos para decidir cuándo un AEE debe ser considerado como RE. Con esta medida se logra que un AEE sea desechado solo cuando sea irreparable o cuando su reparación implique gastos mayores a la adquisición de un aparato nuevo, sin embargo, para lograr lo anterior se necesita de personal capacitado o con los conocimientos necesarios para realizar estas

acciones.

- ❖ **Almacenamiento.** Las bodegas de almacenamiento de la UNICACH deben contar con algunas consideraciones específicas, con el fin de mantener a los RE en un ambiente apto para su manejo. La principal medida va enfocada a mejorar el techado de la bodega, procurando no depositar prácticamente a la intemperie a los RE, además de mejorar los sistemas de seguridad en las mismas.

Así mismo, es necesario ordenar a los RE y apilarlos sobre estibas, cajas o rejillas de madera, con el fin de facilitar su transporte en caso de que se envíen a una empresa especializada que pueda darle una correcta disposición final o tratamiento.

Una medida sumamente importante será clasificar a los RE en categorías, de acuerdo por ejemplo, a lo descrito en DOUE (2002) y Gobierno Vasco (2004), lo cual facilitará el traslado y manipulación a las empresas de tratamiento.

Se sugiere de igual manera mejorar la base de datos del inventario, considerando apartados o rubros como la fecha de adquisición y de depuración del AEE, además de las condiciones en las se le da de baja al equipo.

- ❖ **Recolección.** Esta etapa junto a la de transporte además de ser muy costosas, son claves y decisivas para que un sistema de reciclaje de RE tenga un funcionamiento adecuado. Su correcta puesta en marcha requiere de una adecuada divulgación de información (MAVDT 2010).

En la UNICACH para lograr un adecuado funcionamiento en esta etapa, será necesario primordialmente que se establezcan buenas líneas de comunicación entre las áreas generadoras de RE y el área de control patrimonial. Además de lo anterior, será necesario que los AEE sean entregados al área de control patrimonial, almacenados en cajas de madera, cartón grueso o de rejillas metálicas, y en algunos casos, espuma o algún material que pueda evitar el choque y rotura de los materiales.

Las cargas en el vehículo que transporte los

RE deben estar debidamente empacadas, apiladas y sujetas para evitar algún tipo de accidente que pueda dañar al propio RE, a las personas o al ambiente.

- ❖ **Aprovechamiento.** Una vez que la UNICACH haya corregido las deficiencias en la etapa de almacenamiento, se tendrán muchas ventajas, por ejemplo, un manejo práctico de los RE al interior de las bodegas, lo que permitirá diferenciar entre AEE para reúso o RE de reciclaje-tratamiento.

Cabe hacer mención que el reúso servirá para prolongar la vida útil de un AEE usado, de manera que vuelvan a reintroducirse al uso diario en las instalaciones o sedes de la UNICACH, mientras que, en el reciclaje por otro lado, será imprescindible desarmar los RE en partes, lo que permitirá obtener piezas o componentes servibles para instalarlos en algún otro equipo y hacerlo funcional.

- ❖ **Disposición final.** Mantener a los RE almacenados en condiciones adecuadas, sólo es parte de una correcta disposición final. En este sentido, será necesario buscar alternativas para el tratamiento o depósito final de los RE de la UNICACH, lo anterior, ya que de acuerdo a Cano (2014), de las 28 empresas recicladoras o tratadoras de RE en México, la gran mayoría se encuentran en el centro y norte del país.

A nivel estatal, en SEMARNAT (2010) se presenta un directorio de centros de acopio, aunque en su totalidad son para metales o chatarra, teniéndose todavía el inconveniente de realizar la separación de los referidos metales a partir del RE.

Una buena opción podría ser analizar y considerar lo descrito en SEMARNAT-SCT (2015), en donde se describen las medidas a tomar por parte de la SEMARNAT, para manejar y disponer adecuadamente los televisores analógicos desechados (tipo CRT), productos de la transición a la televisión digital terrestre a finales del año 2015.

Cabe aclarar que lo anterior descrito, podrá ser realizado siempre y cuando se realicen modificaciones a la normatividad interna de la UNICACH, toda vez que como ya fue mencionado en apartados anteriores, en la

actualidad los RE no son reconocidos como residuos o problemática.

CONCLUSIONES

Derivado del diagnóstico realizado en la UNICACH en los meses de febrero a junio de 2014, se encontró que de la totalidad de los artículos almacenados en las bodegas, el 66% son RE (1,351 equipos obsoletos) mientras que el 34% o 691 artículos restantes, corresponden a escritorios, pizarrones, sillas, estantería y diversos materiales mecánicos.

Cabe destacar que del total de los RE, el mayor porcentaje corresponde a monitores tipo CRT (18%) y CPUs (13%), ya que estos AEE son los que en mayor medida sufren recambios tanto en las áreas de computo del alumnado como en áreas administrativas de la IE.

Un aspecto de suma importancia a comentar, es el hecho de que con los RE no es fácil generar valores estadísticos que puedan ser empleados para comparar cantidades entre las diversas IE, debido principalmente a las diferencias en inversión de equipamiento que realiza cada IE. Por otra parte, no todos los AEE funcionales dentro de la IE son

adquiridos por la misma institución, lo que acarrea que los valores o estadísticos que pudieran ser generados, no sean representativos.

Respecto a las fases de manejo de los RE dentro la UNICACH, se observó que las áreas de almacenamiento no cuentan con las medidas de protección o seguridad, y mucho menos de control adecuado. Las bases de datos si bien es cierto proporcionan información sobre las cantidades de RE, no se especifican datos sobre el estatus en el que se le dio de baja, por lo que sería importante anexar dicho rubro.

Por último, es importante mencionar que todavía quedan algunas incógnitas sobre las cantidades de RE en la IE, por lo tanto, será importante realizar trabajos similares a este documento, en donde se consideren otras variables o dinámicas para algún tipo de RE específico, además, se pueden hacer actualizaciones, las cuales permitirán a los tomadores de decisiones dentro de la IE, valerse de ellas para diseñar obras, planes y programas, o inclusive anexarse esta información al Plan Universitario de Gestión de Riesgos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por haber proporcionado el acceso a las instalaciones donde se resguardan los aparatos eléctricos y electrónicos, además de las bases de datos de los años de adquisiciones.

REFERENCIAS

Armijo, C. (2011). Aplicación de un plan de manejo de residuos electrónicos en Ensenada, Baja California. Instituto Nacional de Ecología - Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD), Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California. 139 pp.

Arroyo, P. (2012). Diseño de programas de reciclaje de e-waste, considerando las motivaciones del participante: un estudio exploratorio en el estado de México, *Psycology*, 3(1) 3-14.

Arroyo, P., Villanueva, M., Gaytán, J. y García, M. (2012). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos: Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa, *Contaduría y Administración* 59 (1), 9-41.

Cano, F. (2014). Programas de reciclaje de residuos electrónicos en México. En: Los residuos electrónicos en México y el mundo. (Rojas, L. Gavilán, A., Alcántara, V. y Cano, F., Eds.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 143-149 pp.

CFN-INE (2012). *Guía municipal de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para el noreste de México*, Colegio de la Frontera Norte-Instituto Nacional de Ecología, México, 48 pp.

DOF (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, con última reforma publicada en el DOF 04-06-2014.

DOUE, (2002). Directiva 2002/96/CE del parlamento Europeo y del consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y

electrónicos (RAEE). Diario Oficial de la Unión Europea, publicado el 27 enero de 2003.

Gavilán, A., Cano, F. y Alcántara, V. (2014a). Iniciativas gubernamentales y programas voluntarios en América Latina. En: Los residuos electrónicos en México y el mundo. (Rojas, L. Gavilán, A., Alcántara, V. y Cano, F., Eds.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 65-76 pp.

Gavilán, A., Cano, F., Alcántara, V., Román, G. y Beltrán L. (2014b). La generación de residuos electrónicos en México. En: Los residuos electrónicos en México y el mundo. (Rojas, L. Gavilán, A., Alcántara, V. y Cano, F., Eds.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, 85-103 pp.

Gobierno Vasco (2004). *Monografía sobre aparatos eléctricos y electrónicos*. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. 32 pp.

Herat, S. y Agamuthu, P. (2012). E-waste: a problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries, *Waste Management & Research*, **30**(11), 1113–1129.

Lewis, A. (2010). Europe exporting electronic waste despite ban, *BBC News Rotterdam*, 4 Aug. Consultado el 10 de junio de 2015, disponible en: <http://www.bbc.com/news/world-europe-10846395>

Lundgren, K. (2012). *The global impact of e-waste: addressing the challenge*. International Labour Office, Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Sectoral Activities Department (SECTOR). Geneva, Switzerland, 72 pp.

Magalini, F., Kuehr, R. y Balde, C. (2015). *eWaste en América Latina. Análisis estadístico y recomendaciones de política pública*. Universidad de las Naciones Unidas (UNU)- Instituto de Estudio Avanzados de Sustentabilidad (IAS), 38 pp.

Manhart, A., Osibanjo, O. y Aderinto, A. (2011). *Informal e-waste management in Lagos, Nigeria – socio-economic impacts and feasibility of international recycling co-operations*. Final Report-E-waste Africa Project. Öko-Institut e.V, Freiburg Head Office, Lagos & Freiburg, 125 pp.

MAVDT (2010). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- Centro Nacional de Producción más Limpia, Bogotá, D.C. Colombia, 100 pp.

Mendoza, E. (2015). México, tiradero de basura electrónica, *Contralínea-periodismo de investigación*, **14**(442), 20-25.

Ni, H. y Zeng, E. (2009). Law enforcement and global collaboration are the keys to containing e-waste tsunami in China, *Environmental Science & Technology*, **43** (11), 3991–3994.

Ott, D. (2008). *Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia: Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares*. Instituto Federal Suizo de la prueba e investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA), Centro Nacional de Producción más Limpia (CNPMLTA). Informe final. Medellín, Colombia, 146 pp.

Osibanjo, O. y Nnorom, I. (2007). The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries, *Waste Management & Research*, **25**(6), 489-501.

Prakash, S. y Manhart, A. (2010). *Socio-economic assessment and feasibility study on sustainable e-waste management in Ghana*. Öko-Institut e.V, Freiburg Head Office, Freiburg, 118 pp.

POE (2011). Ley Orgánica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Publicada en el Diario Oficial del Estado el 16 de noviembre de 2011.

Schwarzer, S. Bono, A., Peduzzi, P., Giuliani, G. y Kluser, S. (2005). *E-waste, the hidden side of IT equipment's manufacturing and use*. UNEP Early Warning on Emerging Environmental Threats No. 5. Switzerland: United Nations Environment Program.

SEMARNAT (2010). *Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México 2010*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F. 96 pp.

SEMARNAT-SCT, (2015). *Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, D. F. 32 pp.

SSES (2015). *Instituciones de Educación Superior*. Consultado el 10 de junio de 2015, disponible en: <http://www.ses.sep.gob.mx/instituciones-de-educacion-superior>

UA (2015). *Compromiso medioambiental: proyecto para la gestión interna de residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos generados en la universidad de Alcalá*. Universidad de Alcalá-oficina Ecocampus Alcalá. Consultado el 10 de junio de 2015, disponible en: <http://www.uah.es/universidad/ecocampus/documentos/A12GestionResiduosElectricos.pdf>

UDS (2014). *Procedimiento de Gestión Interna de Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos*. Universidad de Salamanca-Oficina de Prevención de Riesgos Laborales y Calidad Ambiental. Disponible en: http://www.usal.es/webusal/files/Procedimiento_RAEE_2014_0.pdf

UNICACH (2000). Reglamento de investigación y posgrado. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 24 pp.

UNICACH, (2010). Plan Universitario de Gestión de Riesgos y Formación de las Unidades Internas de Protección Civil de las DES y Áreas Administrativas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas-Centro de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 124 pp.

UNICACH (2011a). *Modelo educativo: UNICACH Visión 2025*. Secretaría General-Dirección Académica-Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 78 pp.

UNICACH (2011b). *Plan de Desarrollo Institucional: UNICACH Visión 2025*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 89 pp.

UNICACH (sf). Estatuto General de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Consultado el 10 de junio de 2015, Disponible en: http://www.unicach.mx/_archivos/EstatutoGeneral.pdf

UTP (2012). *Manual para el manejo integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Universidad Tecnológica de Pereira-Facultad de Ingenierías. Disponible en: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4684/2/628445M337E_Anexo.pdf

Widmer, R., Oswald, H., Sinha, D., Schnellmann, M. y Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste, *Environmental Impact Assessment Review*, **25**(5), 436– 458.

Widmer, R., Oswald, H., Sinha, D., Schnellmann, M. y Boeni, H. (2009). Introducción general: Perspectivas globales sobre residuos electrónicos. Uca, S. (Eds.), *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*, Ediciones SUR, Santiago de Chile, 23- 48 pp.

Este documento debe citarse como: Araiza Aguilar, J. A., Escobar López, K. B., Nájera Aguilar, J. A. (2016). **Diagnóstico de generación y manejo de los residuos eléctricos y electrónicos en instituciones educativas: un caso de estudio.** Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 20-2, pp. 115-126.