



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS
ELECTRÓNICOS EN CIUDAD UNIVERSITARIA,
UNAM**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

JOSHAFAT MOSTALAC VALDIVIESO

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. RODOLFO OMAR ARELLANO AGUILAR**

Cd. Universitaria, D.F. 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno
Apellido paterno
Apellido materno
Nombre(s)
Teléfono
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Carrera
Número de cuenta

2. Datos del tutor
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

3. Datos del sinodal 1
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

4. Datos del sinodal 2
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

5. Datos del sinodal 3
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

6. Datos del sinodal 4
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

7. Datos del trabajo escrito.
Título

Número de páginas
Año

1. Datos del alumno
Mostalac
Valdivieso
Joshafat
20653683
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
305251873

2. Datos del tutor
Dr.
Rodolfo Omar
Arellano
Aguilar

3. Datos del sinodal 1
Dra.
Regina Dorinda
Montero
Montoya

4. Datos del sinodal 2
Dr.
Víctor Daniel
Ávila
Akelberg

5. Datos del sinodal 3
M. en C.
Roberto
Márquez
Huitzil

6. Datos del sinodal 4
Quím.
Benjamín
Ruíz
Loyola

7. Datos del trabajo escrito
Propuesta para la implementación de un plan de manejo de residuos electrónicos en Ciudad Universitaria, UNAM
75 p
2014

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos al Programa Universitario de Medio Ambiente, sin su apoyo, guía, optimismo y generosidad no habría sido posible la realización de esta tesis

Agradecimientos

Pido perdón a los niños por haber dedicado este escrito a personas mayores. Tengo una seria justificación: estas personas mayores son los mejores amigos que tengo en el mundo. Pero tengo otra justificación: estas personas mayores son capaces de comprenderlo todo, incluso los libros para niños. Tengo una tercera justificación todavía: estas personas mayores vive en México, donde se pasa hambre y frío. Tienen, por consiguiente, una gran necesidad de ser consoladas de alguna manera. Si no fueran suficientes todas esas razones, quiero entonces dedicar este escrito a los niños que fueron hace tiempo estas personas mayores. Todas las personas mayores antes han sido niños (pero pocas de ellas lo recuerdan). Corrijo, por consiguiente, mi dedicat oria.

A mi familia, amigos y especialmente a mis dos perritos.

Índice de Contenido

RESUMEN.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
Los residuos electrónicos.....	10
Clasificación.....	11
Ciclo de vida.....	13
Problemática ambiental.....	14
Salud pública.....	17
Política nacional e internacional sobre el manejo de residuos electrónicos.....	22
Residuos electrónicos en las Universidades.....	24
Estudio de caso, campus Ciudad Universitaria.....	26
II. OBJETIVOS.....	31
Objetivo general.....	31
Objetivos particulares.....	31
III. MÉTODO.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
Manejo actual de residuos-e en CU.....	33
Reubicación.....	34
Venta.....	36
Donación.....	37
Desperdicio.....	38
RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	39
Encuesta dirigida a Usuarios.....	39
Encuesta dirigida a Técnicos.....	46
V. DISCUSIÓN.....	51

VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM.....	56
VIII. ANEXOS.....	61
Anexo 1. Encuesta	61
Anexo 2. Campaña de acopio	65
Anexo 3. Residuos-e en Ciudad Universitaria previo a la campaña de acopio.....	70
IX. LITERATURA CITADA	72

Índice de Tablas

Tabla 1. Categorías de RAEE según la Directiva 2002/96/CE de la Unión Europea.....	11
Tabla 2. Clasificación de RAEE desde una perspectiva de gestión y manejo.	12
Tabla 3. Vida útil y peso de los residuos-e más comunes.....	15
Tabla 4. Algunos contaminantes presentes en los residuos-e.	20
Tabla 5. Principales compuestos en los residuos-e, efectos en salud y ambiente.	21
Tabla 6. Iniciativas de política ambiental a nivel internacional.....	22
Tabla 7. Dispositivos considerados residuos-e de acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT-2011.	24
Tabla 8. Manejo de residuos-e en algunas universidades internacionales.	24
Tabla 9. Manejo de los residuos-e en universidades nacionales.....	25
Tabla 10. Resumen de bienes AEE que se dieron de baja en un ejercicio típico.....	33
Tabla 11. Concentración de sustancias o elementos evitados al ambiente	65

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama del ciclo de vida de los AEE.....	13
Figura 2. Generación de residuos-e en México (2000-2006).....	16
Figura 3. Universo de ordenadores domésticos en México (1998-2008).....	17
Figura 4. Reciclaje tradicional de residuos-e en Guiyu, China.....	18
Figura 5. Campus Ciudad Universitaria, UNAM.....	27
Figura 6. Adquisición de computadoras en la UNAM.	27
Figura 7. Ubicación del “Almacén de bajas”, UNAM.....	28
Figura 8. Manejo actual de residuos-e en la UNAM; sm - salario mínimo.	29
Figura 9. Tipo de AEE para reubicación.....	34
Figura 10. Destino de los AEE reubicados.....	35
Figura 11. Tipos y porcentajes de venta de los AEE.....	36
Figura 12. Tipos y cantidad de AEE donados a escuelas públicas.....	37
Figura 13. Listado de bienes susceptibles a venta por kg.....	38
Figura 14. Generación de AEE en Usuarios.....	39
Figura 15. Distribución de cambio de AEE.....	40
Figura 16. Tiempo de cambio de AEE.....	41
Figura 17. Tiempo de retiro de un AEE posterior a la notificación.	42
Figura 18. Percepción de eficiencia del procedimiento administrativo de bajas en Usuarios.	43
Figura 19. Destino de AEE en condición de baja.....	44
Figura 20. Percepción del procedimiento administrativo de bajas de AEE.	45

Figura 21. Tipo de notificación para el procedimiento de bajas de AEE.	47
Figura 22. Distribución de departamentos a notificar la baja de un AEE.	48
Figura 23. Tiempo de retiro de un AEE posterior a la notificación.	49
Figura 24. Percepción de eficiencia del procedimiento administrativo de baja en Técnicos.	50
Figura 25. Destino de AEE dados de baja.....	51
Figura 26. Propuesta para el procedimiento administrativo de residuos-e en la UNAM.....	57

RESUMEN

Los residuos electrónicos, también conocidos como residuos-e, incluyen diversos tipos de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) como computadoras, celulares, televisiones, teclados y electrodomésticos. Con los adelantos tecnológicos el tiempo de vida útil de los AEE disminuye rápidamente, lo que está acelerando la generación de residuos-e. Se estima que la producción mundial de residuos-e es de 20-50 millones de toneladas al año, lo que representa un grave problema de contaminación debido a las sustancias tóxicas de las que están constituidos, por ejemplo: bario, berilio, cadmio, cromo, níquel, mercurio, plomo y retardantes de flama. En consecuencia, se han implementado políticas para el manejo adecuado de los residuos-e, a nivel internacional la iniciativa más importante es el “Convenio de Basilea” y a nivel nacional se encuentra la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Las instituciones de educación superior no son ajenas a estas iniciativas, algunas universidades en el mundo han establecido ejes de acción para el manejo adecuado de los residuos-e generados en sus instalaciones. En México, es fundamental que las universidades implementen propuestas para el manejo adecuado de este tipo de residuos. El presente estudio incluye un diagnóstico del manejo de residuos-e en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y, a partir de éste, una propuesta de manejo.

I. INTRODUCCIÓN

Los residuos electrónicos

Los residuos se definen como aquellos materiales cuya vida útil ha llegado a su fin. De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2006), un residuo es el material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (Artículo 5º, fracción XXIX de la LGPGIR). Los residuos son clasificados por la misma ley en: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP).

En el caso de los RME, son aquellos generados en los procesos productivos, por ejemplo, los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), que no reúnen las características para ser considerados como RP o como RSU, o que son producidos por grandes generadores (> 10 Ton/año) (LGPGIR, 2006).

En México, la LGPGIR incluye dentro de los RME a los Residuos Tecnológicos (RT) o residuos-e, como los provenientes de la industria informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo especial (SEMARNAT, 2003). Los residuos-e, de forma genérica, incluyen diversos tipos de AEE que han perdido cualquier valor para sus dueños (Widmer *et al.*, 2005).

En cambio, por ejemplo, el Parlamento Europeo define a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) como todos aquellos equipos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos pertenecientes a las categorías indicadas en el Anexo I A de la Directiva RAEE (2002) y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua (Artículo 2 de la Ley N° 25.612). Este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha.

Clasificación

En México no existe una clasificación específica para los residuos-e, por lo que se presenta la clasificación de la Unión Europea (UE). De acuerdo con la Directiva de la Unión Europea sobre RAEE (2002), los productos o aparatos que al final de su vida útil pueden constituir RAEE, se clasifican en 10 categorías (**Tabla 1**).

Tabla 1. Categorías de RAEE según la Directiva 2002/96/CE de la Unión Europea.

No.	Categorías	Ejemplos
1	Grandes electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, etc.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados (minicomputadoras, impresoras), y elementos de computación personal (computadoras personales, computadoras portátiles, fotocopiadoras, teléfonos, etc.)
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de video, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras y máquinas de coser.
7	Juguetes, equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de video y juegos de video.
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo o reguladores de calor.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos sólidos.

Otra clasificación utilizada para los RAEE comprende tres líneas, denominadas mediante colores de la siguiente forma:

- a) **Línea blanca:** comprende todo tipo de electrodomésticos grandes y pequeños, como por ejemplos neveras, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
- b) **Línea marrón:** comprende todos los electrónicos de consumo como televisores, equipos de sonido y de vídeo.
- c) **Línea gris:** comprende los equipos informáticos (computadores, teclados, ratones, etc.) y de telecomunicaciones (teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles, etc.).

Por otro lado, también se han clasificado desde una perspectiva de gestión y manejo (**Tabla 2**).

Tabla 2. Clasificación de RAEE desde una perspectiva de gestión y manejo.

No.	Categorías	Ejemplos	Justificación
1	Aparatos que contienen refrigerantes	Neveras (refrigeradores), congeladores, otros que contienen refrigerantes	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual
2	Electrodomésticos grandes y medianos (menos equipos de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales
3	Aparatos con monitores y pantallas	Tubos fluorescentes, bombillos	Requieren procesos especiales valorización
4	Aparatos con monitores y pantallas	Televisores, monitores con tubo de rayos catódicos (TRC), monitores liquid cristal display (LCD)	Los tubos de rayos catódicos (TRC) requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón (excepto los mencionados en las categorías anteriores) computadoras portátiles, netbooks, teléfonos y otros dispositivos compactos	Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes y, por consiguiente, requieren un tratamiento de reciclaje o valorización muy semejante

Fuente: Lineamientos para la Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Latinoamérica, 2011.

Ciclo de vida

El ciclo de vida de un producto se refiere a toda la secuencia de eventos que sigue dicho producto desde la obtención de la materia prima que lo compone, hasta su disposición final. Este ciclo de vida incluye: obtención de materia prima, producción, distribución, usuario, reúso y disposición final: reciclaje, relleno sanitario y vertedero no controlado (**Figura 1**).

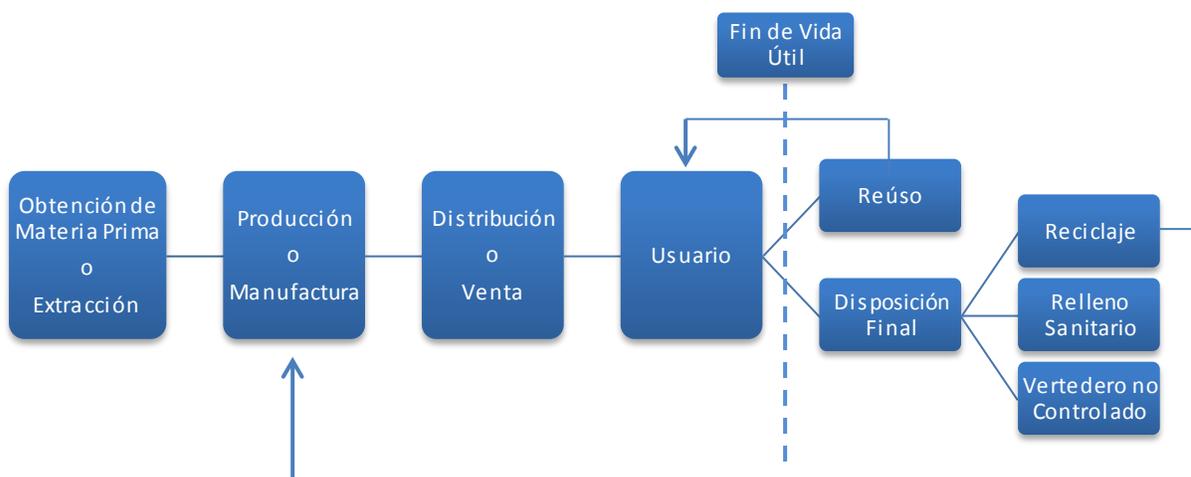


Figura 1. Diagrama del ciclo de vida de los AEE.

Fuente: United Nations Environmental Programme, 2007; INE, 2011; Electronics Waste Management in the United States Through, 2009.

Problemática ambiental

Las actividades relacionadas con los residuos-e son uno de los problemas emergentes del siglo XXI, la velocidad de los avances tecnológicos y el crecimiento de la industria han llevado a la rápida obsolescencia de los productos, por lo que se ha acelerado la generación de residuos (Schmidt, 2002; Tseng M.L., 2011). Los residuos-e han estado aumentando a una velocidad preocupante (Richard Li *et al.*, 2012). Por ejemplo, la producción mundial se ha estimado entre 20 y 50 millones de toneladas al año (PNUMA, 2006), lo que representa el 1% de la producción mundial de RSU de 1, 636 millones de toneladas al año (OCDE, 2008). En general, los europeos generan 14 kg de residuos-e por persona anualmente (Goosey, 2004), haciendo una producción total de residuos-e para la Unión Europea de 9.1 millones de toneladas anuales (Huisman *et al.*, 2007). Los datos por país muestran, por ejemplo, que en Suiza se producen 9 kg de residuos-e por persona al año (Sinha-Khetriwal *et al.*, 2005). Otro ejemplo es Estados Unidos, uno de los mayores generadores de residuos-e, que reportó en 2005 la cantidad de 2.63 millones de toneladas (Cobbing, 2008). En el caso de China, este país produjo 2.5 millones de toneladas (Liu *et al.*, 2006). Los datos sobre la producción de residuos-e para los países con economías emergentes no se encuentran completamente disponibles. Sin embargo, países como India y Tailandia reportaron una generación de 0.33 y 0.1 millones de toneladas de residuos-e en 2007, respectivamente (Cobbing, 2008).

En cuanto a la situación particular de las computadoras personales (PC, por sus siglas en inglés), se estimó que 20 millones de PC (cerca de 7 millones de toneladas) se volvieron obsoletas en 1994. Para 2004, el número de PC aumentó a más de 100 millones. Acumulativamente, cerca de 500 millones de PC habían llegado al final de su vida de servicio entre 1994 y 2003. El problema derivado del aumento de residuos-e radica en que los 500 millones de PC anteriormente mencionados contienen, aproximadamente: 2, 872, 000 toneladas de plástico, 718, 000 toneladas de plomo, 1, 363 toneladas de cadmio y 287 toneladas de mercurio (Puckett y Smith, 2002). Este rápido aumento de residuos-e se está acelerando debido a que el mercado mundial de PC está lejos de la saturación y el promedio de vida útil de un PC está disminuyendo rápidamente; de 4 a 6 años en 1997 a 2 años en 2005 (Culver, 2005) (**Tabla 3**). Los dispositivos PC constituyen sólo una fracción de todos los residuos-e, se esperan cantidades similares para todo tipo de dispositivos electrónicos portátiles como Asistentes Digitales Personales (PDA, por sus siglas en inglés), reproductores MP3, videojuegos, periféricos, etc. (O'Connell, 2002).

Las proyecciones indican que a nivel mundial los ordenadores, teléfonos móviles y aparatos de televisión contribuyeron con 5.5 millones de toneladas de residuos-e en 2010, estimando llegar a 9.8 millones de toneladas para 2015, y alcanzarán hasta un 8% del volumen total de RSU en países desarrollados (Widmer *et al.*, 2005; Cobbing, 2008).

Tabla 3. Vida útil y peso de los residuos-e más comunes.

Aparatos eléctricos y electrónicos	Peso (kg)	Tiempo aproximado de uso efectivo (años)
Celular	0.1	2
Computadora	25	3
Fax	3	5
Fotocopiadora	60	8
Grabadora de video y reproductor DVD	5	5
Radio	2	10
Sistema de alta definición	10	10
Televisión	30	5
Videojuego	3	5

Fuente: Modificado de Betts, 2008; Cobbing, 2008; Li *et al.*, 2009.

En los países desarrollados exportan para su reciclaje entre el 50 y 80% de sus residuos-e a países en vías de desarrollo como Filipinas, India, Pakistán, Vietnam y especialmente China, debido a los bajos salarios y su laxa legislación ambiental (PNUMA, 2005). Por ejemplo, las plantas de reciclaje de Nueva Delhi, India, reciben el 70% de los residuos-e que son importados o vertidos por países desarrollados (C.W. Schmidt, 2006; Xianjin *et al.*, 2010). Recientemente, también el comercio de los residuos-e ha aumentado en los países africanos (Schmidt, 2006).

Los flujos de importación de residuos-e no sólo ofrecen una oportunidad de negocio, sino también satisfacen la demanda de AEE usados a bajo costo. Sin embargo, promueven el crecimiento de una economía informal o semiformal. Todo un sector económico nuevo está evolucionando alrededor de este comercio, reparación y recuperación de materiales de residuos-e. Aunque estas prácticas representan una fuente de empleo para personas de bajos recursos en localidades urbanas y rurales, frecuentemente ocasiona serios riesgos para el humano y los ecosistemas locales cuando no existen instrumentos regulatorios. La mayoría de los individuos de este sector (reciclaje informal) no son conscientes de los riesgos, no conocen mejores prácticas, o no tienen acceso a capital de inversión para financiar mejoras rentables (Widmer, 2005).

En México, en el año 2006, la generación de residuos-e fue de entre 180,000 y 250,000 toneladas (**Figura 2**), lo que generó un indicador per cápita de 1.5 a 1.6 kg/año (INE, 2006; CEMGI, 2011).

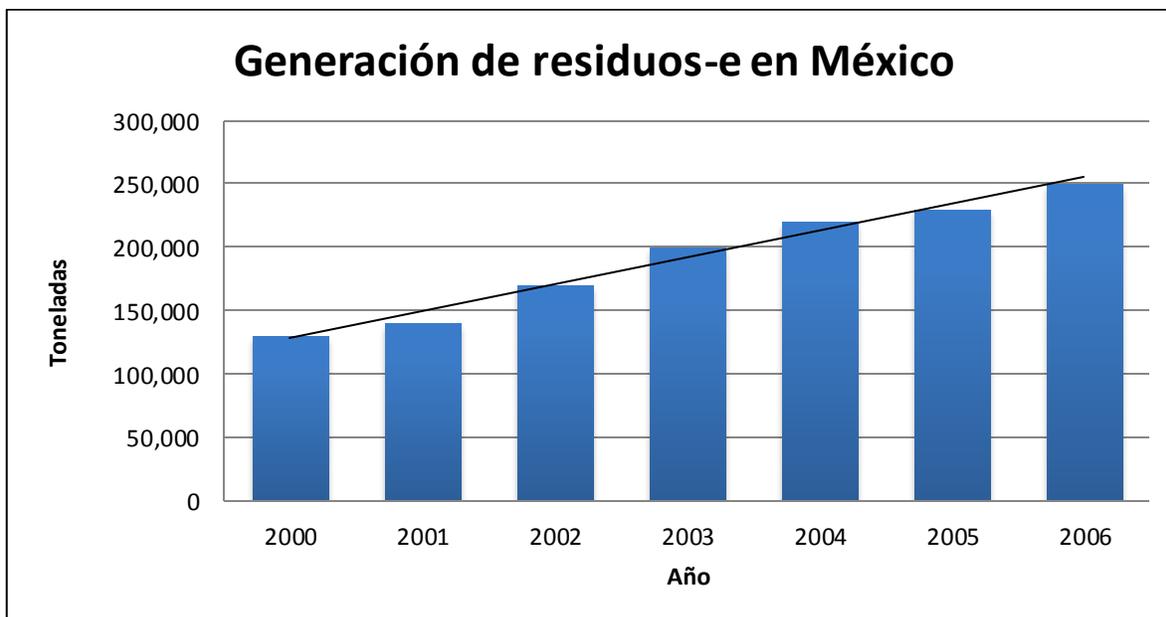


Figura 2. Generación de residuos-e en México (2000-2006).

A nivel nacional se recicla de manera formal solamente el 10% de estos residuos, se centra en el reprocesamiento de plástico, vidrio y cobre, mientras que el material valioso, como las Tarjetas de Circuito Impreso (TCI), es enviado al exterior para la recuperación de metales preciosos, por ejemplo, una PC contiene 0.36 g de oro y 1.4 g de plata (Kuehr *et al.*, 2003; INE, 2011). Se ha observado que el 40% de los residuos-e permanecen almacenados en casas habitación y bodegas, mientras que un 50% llegan a estaciones de transferencia o a manos de “recicladores informales”, rellenos sanitarios o tiraderos no controlados. La mitad de los residuos-e no llega inmediatamente a este destino porque al ser reutilizadas se incrementa su tiempo de vida útil (INE, 2011).

En el caso de la producción de computadoras, por ejemplo, ha tendido a incrementar: de 3, 500, 000 a 21, 096, 000 unidades de 1998 a 2008 (

Figura 3), lo que representa un aumento de 600%. En 2009 fueron desechadas 1, 210, 000 computadoras. La industria electrónica nacional se ubica principalmente en El Salto, Jalisco y se ha denominado "The Mexican Silicon Valley". También, lugares importantes de generación y

consumo de la electrónica son la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Monterrey y Tijuana (CANIETI, 2004; INE, 2006; Yarto-Ramírez, *et al.*, 2006).

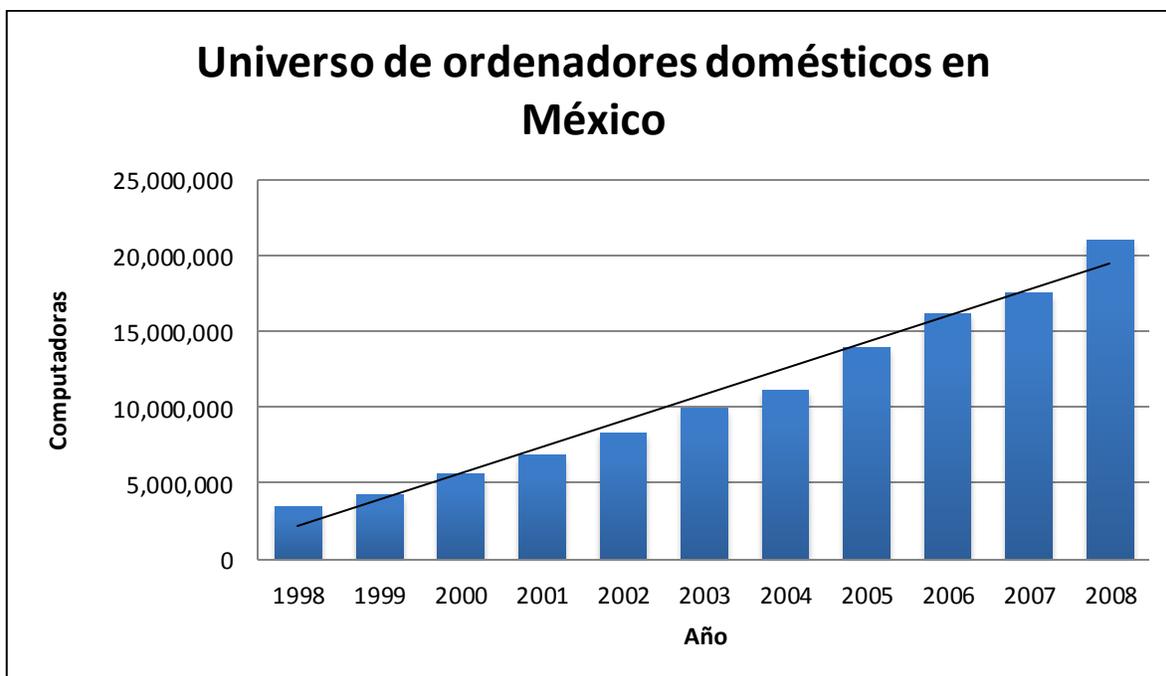


Figura 3. Universo de ordenadores domésticos en México (1998-2008).

Salud pública

Recientemente se han incrementado las preocupaciones sobre los efectos adversos a la salud y al ambiente relacionados con el reciclaje inadecuado de los residuos-e (Samarasekera, 2005; Stone, 2009). Un ejemplo de ello es el poblado de Guiyu, provincia de Guangdong, en el Sur de China, en el que desde hace 20 años entre el 60 y 80 % de las familias trabajan en talleres donde se reciclan alrededor de 1.6 millones de toneladas de residuos-e al año (Liangkai *et al.*, 2008; XijinXu *et al.*, 2011). Estos talleres de reciclaje utilizan métodos como: incineración, desensamblado y lixiviación por ácidos, entre otros. Estas operaciones son, generalmente, llevadas a cabo con muy poco o ningún equipo de protección personal o prevención para el control de contaminantes. En estas áreas de trabajo se han observado elevados niveles de metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes (COP), lo que representa una amenaza a la salud (Puckett *et al.*, 2002; Brigden *et al.*, 2005; Wang y Guo, 2006; Yu *et al.*, 2006; Bi *et al.*, 2007; Deng *et al.*, 2007; Leung *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2007; Luo *et al.*, 2007; Wong *et al.*, 2007; Fu *et al.*, 2008; Zhao *et al.*, 2009).



Figura 4. Reciclaje tradicional de residuos-e en Guiyu, China.

Fuente: CBS News, 2008.

En los últimos nueve años, diversos estudios demuestran que las personas que trabajan en el reciclaje de residuos-e padecen alta incidencia de daño en la piel, dolores de cabeza, vértigo, náuseas, gastritis crónica y úlceras gastroduodenales. Además, la exposición a metales pesados causa daños en el sistema nervioso, endocrino e inmune. En el caso de las mujeres embarazadas que participan en el proceso de desmantelamiento se ha encontrado que sus recién nacidos presentan elevados niveles de sustancias tóxicas (cadmio, cromo, níquel, plomo, penta-bromo difenil-éteres) tanto en sangre como en placenta (Blumenthal *et al.*, 1995; Qiu *et al.*, 2004; Akesson *et al.*, 2005; Brigden *et al.*, 2005; Xijin Xu *et al.*, 2011), lo que en consecuencia se refleja en la edad adulta. Las enfermedades atribuidas a adultos por exposiciones ambientales preconceptuales y prenatales pueden incluir asma, cáncer y otras condiciones crónicas (Wigle DT *et al.*, 2008). En Guiyu, por ejemplo, se han observado elevados niveles de cadmio y plomo en la sangre de niños en comparación a los de una región control (Zheng *et al.*, 2008). Los elevados niveles de plomo en la sangre del cordón umbilical se correlacionó positivamente con baja puntuación neurológica del comportamiento y violencia en la adolescencia (Nevin Rick, 2007; Li *et al.*, 2008).

Los efectos a la salud están relacionados con el tiempo de exposición y composición de las sustancias tóxicas asociadas a los residuos-e. La composición de residuos-e es heterogénea,

espacial y temporal (Hoffmann, 1992). Sin embargo, los residuos-e contienen más de 1000 sustancias diferentes (**Tabla 4**), muchas de las cuales son tóxicas, entre ellas metales pesados tales como: arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plomo y selenio, que se encuentran principalmente en las siguientes partes: tubos de rayos catódicos (TRC), tarjetas de circuitos impresos (TCI), conectores y cubiertas, semiconductores, cables y alambres, anticorrosivos, interruptores, relevadores y soldaduras (Puckett *et al.*, 2002; INE, 2011).

Otro grupo de sustancias de interés son los retardantes de flama (RF), que se incorporan en los AEE para reducir el grado de inflamabilidad (Weiyue, Q. *et al.*, 2007; SEMARNAT, 2003). Estos compuestos se utilizan como aditivos de los plásticos en diversos AEE como son: equipos informáticos, de telecomunicaciones, de entretenimiento, juguetes, electrodomésticos y equipos especializados, entre otros. Los principales componentes que los contienen son: TCI, microcontroladores, microprocesadores, memorias, semiconductores en general, TRC, chasis, gabinetes, cubiertas de policloruro de vinilo (PVC), pastas y pegamentos, soldadura, tarjetas controladoras digitales, teclados y ratones (INE, 2011).

Entre ellos, los más destacados por el consenso internacional en cuanto a su toxicidad son:

- 1) Penta-bromo-difenil-éter (PBDE)
- 2) Octa-bromo-difenil-éter (OBDE)
- 3) Deca-bromo-difenil-éter (DBDE)
- 4) Tetrabromobisfenol A (TBBPA)

Debido a que no hay enlaces químicos entre los RF y los plásticos, los primeros pueden lixiviarse de la superficie de los componentes de los residuos-e al ambiente (Deng *et al.*, 2007). Los RF están constituidos por COP, por lo que son lipofílicos, se bioacumulan y se biomagnifican en la red trófica (SEMARNAT, 2003; Deng *et al.*, 2007; Weiyue, Q. *et al.*, 2007).

Se han observado elevados niveles de PBDE, dioxinas, furanos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el aire, agua, suelo y sedimentos, así como en sangre y leche materna de personas que viven cerca de zonas donde se encuentran empresas de reciclaje de residuos-e (no reguladas), alcanzando concentraciones hasta 100 veces mayores que la concentración promedio para sitios no contaminados (Yu *et al.*, 2005; Wong *et al.*, 2007). Respecto al área de trabajo, elevados niveles de PBDE han sido encontrados en empresas de reciclaje de residuos-e (Weiyue *et al.*, 2007), lo que representa una amenaza directa a la salud, debido a que se ha demostrado que

los PBDE, así como los bifenilos policlorados (PCB, por sus siglas en inglés), tienen actividad disruptiva en la glándula tiroidea, son neurotóxicos, presentan toxicidad para la reproducción, etc. (Hallgren *et al.*, 2001; McDonalds, 2002; Tseng *et al.*, 2008).

Tabla 4. Algunos contaminantes presentes en los residuos-e.

Elemento o sustancia	Relación con los residuos-e	Concentración promedio (g/kg)
Clorofluorocarbono (CFC)	Unidades de refrigeración, espuma de aislamiento	-
PCB	Condensadores y transformadores	0.013
PVC	Cables	-
TBBPA, PBDE y PBB (bifenilos polibromados)	RF para plásticos. TBBPA para TCI y cubiertas	-
Aluminio (Al)	Disipador de calor	50
Americio (Am)	Equipo médico y detectores de humo	-
Antimonio (Sb)	RF y plásticos	1.7
Arsénico (As)	Diodos emisores de luz	-
Bario (Ba)	TRC	-
Berilio (Be)	Cajas de suministro de energía	-
Cadmio (Cd)	Baterías, TRC, tintas y tóner	0.2
Cloro (Cl)	Cables, TCI y cubiertas plásticas para TV y PC	9.6
Cobre (Cu)	Cables	40
Cromo VI (Cr)	Cintas de datos y discos flexibles	10
Estaño (Sn)	Soldadura y pantallas LCD	2.4
Fósforo (P)	TCI y cubiertas plásticas para TV y PC	0.36
Galio (Ga)	Semiconductores	-
Hierro (Fe)	TCI y cubiertas plásticas para TV y PC	360
Indio (In)	Pantallas LCD	-
Itrio (Y) y Europio (Eu)	TRC	-
Litio (Li)	Baterías	-
Mercurio (Hg)	Baterías e interruptores	0.0007
Níquel (Ni)	Baterías y TRC	10
Oro (Au)	TCI	-
Paladio (Pd)	TCI	-
Plata (Ag)	Interruptores	-
Plomo (Pb)	Pantallas de TRC, baterías, TCI	2.9
Selenio (Se)	Fotocopiadoras	-
Zinc (Zn)	TRC	5

Fuente: Modificado de Morf *et al.*, 2007 y Robinson, 2009.

*No hay información:-

Como se hace evidente con los estudios previamente citados, la inadecuada disposición final de residuos-e es una fuente de riesgo de exposición a sustancias químicas como metales pesados, que al no ser biodegradables persisten por largos periodos de tiempo en los ecosistemas (Deng *et*

al., 2006; Leung *et al.*, 2006; Jianjie Fu *et al.*, 2008). En la **Tabla 5** se enlistan los principales compuestos tóxicos de los que están constituidos los residuos-e y sus efectos a salud y ambiente.

Tabla 5. Principales compuestos en los residuos-e, efectos en salud y ambiente.

Contaminante	Efectos en la salud humana	Efectos en el ambiente
Bario (Ba)	Provoca edema cerebral, debilidad muscular, aumento de la presión sanguínea y daño hepático.	Permanece en la superficie del suelo o en los sedimentos de agua. Se acumula en los organismos.
Berilio (Be)	Las sales del berilio son tóxicas y la exposición prolongada podría generar cáncer. La Beriliosis ataca los pulmones.	Algunos compuestos de berilio se disuelven en el agua, pero la mayoría se adhiere al suelo.
Cadmio (Ca)	Posibles efectos irreversibles en los riñones; provocan cáncer o inducen a la desmineralización ósea.	Es bioacumulativo, persistente y tóxico para la integridad de los ecosistemas.
Cromo (Cr)	Provoca reacciones alérgicas; en contacto con la piel, es cáustico y genotóxico.	Las células lo absorben muy fácilmente; efectos tóxicos.
Mercurio (Hg)	Teratogénico, con posibles daños cerebrales e impactos acumulativos.	Disuelto en el agua, se acumula en los organismos.
Níquel (Ni)	Puede afectar a los sistemas endócrino, inmunológico y respiratorio.	Puede dañar a los microorganismos si éstos exceden la cantidad tolerable.
Plomo (Pb)	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular; también en los riñones.	Se acumula en el ecosistema; efectos tóxicos en la flora, fauna y microorganismos.
Retardantes de Flama (RF)	Son cancerígenos y neurotóxicos. También pueden interferir con la función reproductora.	En los vertederos son solubles, en cierta medida volátiles, bioacumulativos y persistentes. Al incinerarlos se generan dioxinas y furanos.

Fuente: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2013.

Política nacional e internacional sobre el manejo de residuos electrónicos

En los últimos años, los residuos-e han adquirido mayor importancia a nivel nacional e internacional, principalmente por los productos químicos de los que están constituidos. Estos productos son de interés en acuerdos ambientales multilaterales (Convenio de Basilea y Estocolmo), así como en las directivas y los acuerdos legales regionales (**Tabla 6**).

Tabla 6. Iniciativas de política ambiental a nivel internacional.

Instrumento de Política Internacional	Resumen del convenio y/o iniciativa
Iniciativas de la Comunidad Europea	<p>La directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo se publicó el 26 de febrero de 2005.</p> <p>El objetivo: establecer las medidas para prevenir la generación de residuos-e, reducir su eliminación y la peligrosidad de sus componentes, así como regular su gestión para mejorar la protección al ambiente.</p>
Convenio de Basilea	<p>El 6 de agosto de 1990 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el cual se aprueba el “Convenio de Basilea”, sobre el control de movimientos transfronterizos de RP y su eliminación, que entró en vigor el 5 de mayo de 1992.</p> <p>El objetivo: reducir al mínimo la generación de residuos; establecer instalaciones adecuadas para la eliminación y manejo ambientalmente responsable de los residuos; adoptar medidas necesarias para impedir que el manejo de residuos provoque contaminación y, en caso de que se produzca, reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el ambiente, y minimizar el movimiento transfronterizo de residuos e impedir su tráfico ilícito.</p>
Convenio de Estocolmo	<p>El 17 de mayo de 2004 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto promulgatorio del “Convenio de Estocolmo”, sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), adoptado en Estocolmo, el 22 de mayo del 2001.</p> <p>El objetivo: proteger a la salud humana y al ambiente de los COP’s. Entre sus disposiciones, precisa las sustancias reguladas y deja abierta la posibilidad de añadir nuevas; también establece las reglas de producción, importación y exportación de estas sustancias.</p>
Convenio de Róterdam	<p>El 02 de agosto de 2005 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto promulgatorio del “Convenio de Róterdam”.</p> <p>El objetivo: aplicación del “Procedimiento de Consentimiento Previo” a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional, hecho en Róterdam, el 10 de septiembre de 1998.</p>

La más importante de estas iniciativas sobre los residuos-e fue el "Convenio de Basilea" en el control de movimientos transfronterizos de RP y su disposición final, es el acuerdo más incluyente, celebrado por 178 Naciones. El convenio regula el movimiento de RP a través de las fronteras internacionales (e incluye un capítulo sobre residuos-e), pretende mantener los RP dentro de los países con la capacidad de manejarlos, excepto cuando se ha obtenido por parte de la nación el "Consentimiento Fundamentado Previo". Sin embargo, Estados Unidos, siendo el mayor productor de residuos-e del mundo, no ha ratificado el "Convenio de Basilea", debido a ello, bajo la ley estadounidense, se permiten exportar legalmente todas las formas de residuos-e, incluyendo TRC, que se enlistan como RP por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés). Dentro de los Estados Unidos, sólo 19 Estados cuentan con leyes de residuos-e, aunque la mayoría no proporcionan suficiente infraestructura o apoyo económico destinado a cumplir y a promover la participación pública (Ni *et al.*, 2009; Saphores *et al.*, 2009; Wong *et al.*, 2007).

En México, las políticas o legislación para el manejo de los residuos-e están definidas en dos ámbitos de competencias, la Federal y la Estatal. A nivel Federal se cuenta con la LGPGIR, así como el reglamento de dicha ley. A nivel estatal, cada entidad federativa cuenta con una Ley de Protección Ambiental, y en algunos casos, Planes de Manejo de RME, como es el caso del Gobierno Estatal de Tamaulipas (INE, 2008).

El objetivo de la LGPGIR es la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, basándose en el principio de "responsabilidad compartida". Asigna como competencia estatal el control de los RME (Art. 9) y define que están obligados a la formulación y ejecución de planes de manejo los grandes generadores, productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos, que al desecharse, se convierten en RSU o RME (Art. 28, fracción III de la propia ley).

En su Reglamento, la LGPGIR establece una lista de los tipos de residuos que requieren planes de manejo, basado en: la valorización, los riesgos ecotoxicológicos y la persistencia en el ambiente, por ejemplo, los residuos-e (**Tabla 7**).

Tabla 7. Dispositivos considerados residuos-e de acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT-2011.

No	Residuos tecnológicos producidos por las industrias de la informática y por los fabricantes de productos electrónicos:
1	Computadoras personales de escritorio y sus accesorios.
2	Computadoras personales portátiles y sus accesorios.
3	Teléfonos celulares.
4	Monitores con TRC (incluyendo televisores).
5	Pantallas de cristal líquido y plasma (incluyendo televisores).
6	Reproductores de audio y video portátiles.
7	Cables para equipos electrónicos.
8	Impresoras, fotocopiadoras y multifuncionales.

Residuos electrónicos en las Universidades

Las universidades, por sus características y servicios adquieren y utilizan una considerable cantidad de AEE que, eventualmente, serán residuos-e. Actualmente, existe una tendencia por parte de algunas universidades internacionales en establecer ejes de acción para el manejo adecuado de sus residuos-e. De las cuales, las universidades de EU y la UE han sido pioneras (**Tabla 8**).

Tabla 8. Manejo de residuos-e en algunas universidades internacionales.

Universidades Internacionales	Plan de manejo	Campaña de acopio	Recepción permanente a la comunidad	Empresa recicladora	Reciclado (toneladas)
Universidad de Alcalá	Si	No	No	CESPA	
Universidad Británica de Columbia	Si	No	Si	Encorp Pacific	
Universidad de Columbia	Si	No	Si	Departamento de Sanidad de Nueva York	450
Universidad de Harvard	Si	Si	Si		
Universidad de Hawái	Si	Si	No	Apple	226, 796

Universidad de Huelva	Si	No	Si	Antonio España e Hijos	
Universidad de Idaho	Si	No	No		
Universidad de Indiana	Si	Si	Si	Apple	126, 099
Universidad de Macquarie	Si	No	No	Sims	100
Universidad Nacional de Córdoba	No	Si	No	3R Ambiental	80
Universidad de San Diego	Si	No	Si	Cal Micro Recycling	20, 412

En las universidades de México también se ha observado una tendencia favorable en relación al manejo de los residuos-e. En los últimos 10 años, se han implementado ejes de acción para el manejo adecuado de sus residuos-e (**Tabla 9**). Sin embargo, ninguna de las entidades académicas presentó un Plan de Manejo.

Tabla 9. Manejo de los residuos-e en universidades nacionales.

Universidades Nacionales	Plan de manejo	Campaña de acopio	Recepción permanente a la comunidad	Empresa recicladora	Reciclado (Toneladas)
Universidad Autónoma de Chapingo	No	Si	No	In Cycle Electronics	20
Universidad Autónoma del Estado de México	No	Si	No	REMSA	33
Universidad Autónoma Metropolitana	No	Si	No	REMSA	
Instituto Politécnico Nacional	No	Si	No	ProAmbi	11.7
Universidad de Quintana Roo	No	Si	No	REMSA	
Universidad Tecnológica de Tulancingo	No	Si	No	REMSA	5

Estudio de caso, campus Ciudad Universitaria

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha desempeñado un papel protagónico en la historia y en la formación de México. Las tareas sustantivas de esta institución pública, autónoma y laica son la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.

Generalidades físicas

La Universidad Nacional Autónoma de México campus Ciudad Universitaria (CU) se encuentra asentada en la zona sureste de la Ciudad de México (**Figura 5**), enmarcada dentro de la Delegación Coyoacán, es un complejo académico, cultural y deportivo. La UNAM se encuentra a una altitud promedio de que va de los 2200 a los 2277 msnm y una extensión que comprende alrededor de 711 hectáreas, alberga cerca de 321 edificios, 42.4 km de vialidades y andadores, 1,066,000 m² de áreas verdes y jardineras, así como 198,000 m² de áreas deportivas. El clima predominante es templado subhúmedo, con lluvias en verano y una precipitación promedio anual de 835 mm. Presenta una temperatura media anual de 15.5 °C. La geología de la zona está conformada por roca ígnea extrusiva, la cual constituye las planicies y accidentes geográficos característicos de CU. En su quehacer y preocupación por la preservación de los ecosistemas, el campus posee una reserva ecológica de flora y fauna únicas en el mundo, conocida como “Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel” (REPSA). Esta reserva abarca hoy en día una extensión de 1.46 km² y es el refugio de muchas especies silvestres desplazadas por la destrucción de su hábitat natural debido al crecimiento incontrolado de la Ciudad de México (García, 2009; Hernández, 2007).

Población y dependencias

De acuerdo con la Dirección General de Planeación (DGPL), a CU asisten diariamente alrededor de 100,000 estudiantes (licenciatura y posgrado), 25,000 académicos (profesores, técnicos académicos e investigadores) y 28,000 personas, entre personal administrativo y personal de servicios que laboran en este campus. CU cuenta con instalaciones y servicios para actividades docentes, de investigación, deportivas y culturales, así como equipamiento para servicios médicos, comercios y transporte interno (Hernández, 2007; García, 2009).



Figura 5. Campus Ciudad Universitaria, UNAM.

Fuente: Periódico Excélsior, 2007.

En la última década se ha observado un incremento en el número de equipos de cómputo adquiridos, de 25,180 unidades en el año 2000 cambió a 69,459 unidades para el año 2012, lo que representa un aumento del 275% (**Figura 6**).

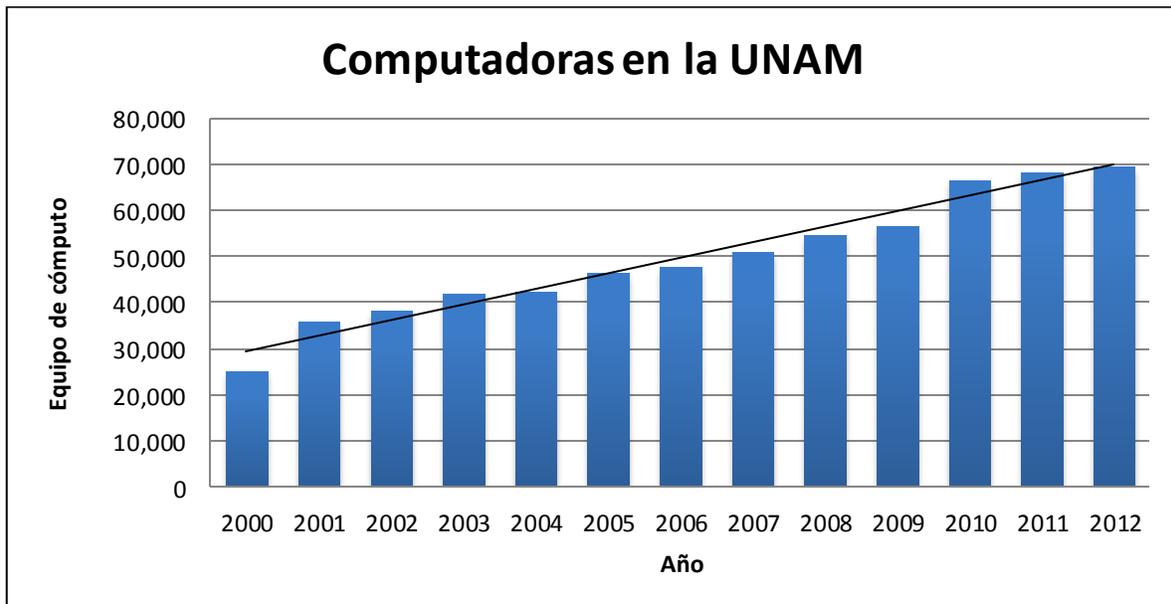


Figura 6. Adquisición de computadoras en la UNAM.

Fuente: Dirección General de Planeación, 2013.

En la Universidad, el manejo de residuos eléctricos es coordinado por la Dirección General de Patrimonio Universitario (DGPU) a través de la Subdirección de Bienes Muebles (www.patrimonio.unam.mx). Su función es planear, organizar, dirigir y controlar las altas, bajas, transferencias y destino final de los bienes muebles patrimoniales a través del Sistema Integral de Control Patrimonial (SICOP).

La Subdirección de Bienes Muebles, tiene dentro de sus departamentos e infraestructura el “Almacén de Bajas” (AB) que se localiza en Av. Del Imán Puerta N° 3, CU (**Figura 7**), que proporciona los siguientes servicios:

- Se brinda apoyo necesario a dependencias universitarias, para que den de baja los bienes muebles que caen en desuso o destrucción y ya no son útiles para el fin que fueron adquiridos.
- Reubicación de bienes muebles dados de baja, a otras dependencias que por así convenir a las mismas, y en apoyo al Programa de Racionalidad y Austeridad Presupuestal, reutilizan mobiliario y equipo.
- Venta de bienes muebles en desuso y destrucción.
- Orientación para aquellas dependencias que solicitan baja de materiales que, no siendo bienes muebles, requieren un destino final.

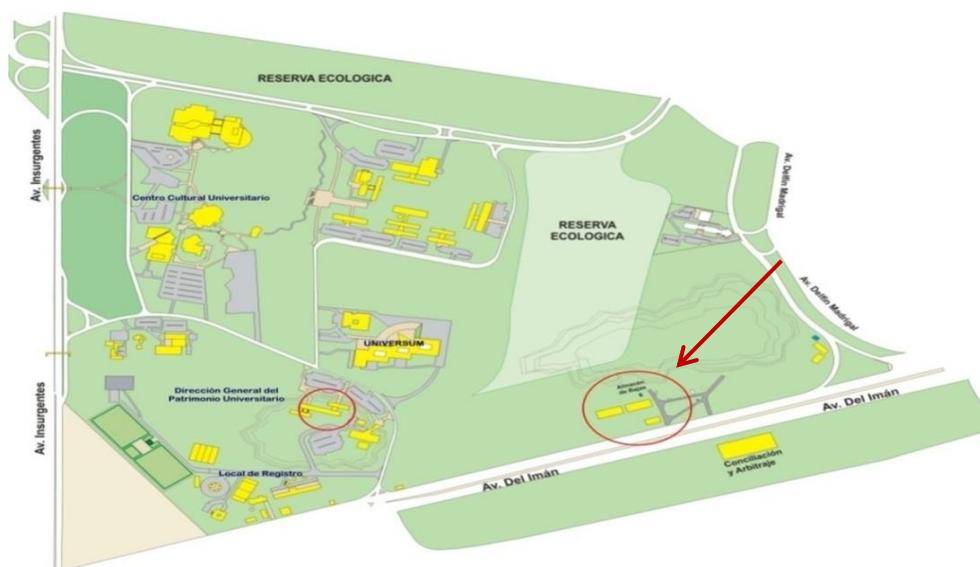


Figura 7. Ubicación del “Almacén de bajas”, UNAM.

El AB establece el procedimiento administrativo para los residuos-e, generados en la Universidad (Figura 8).

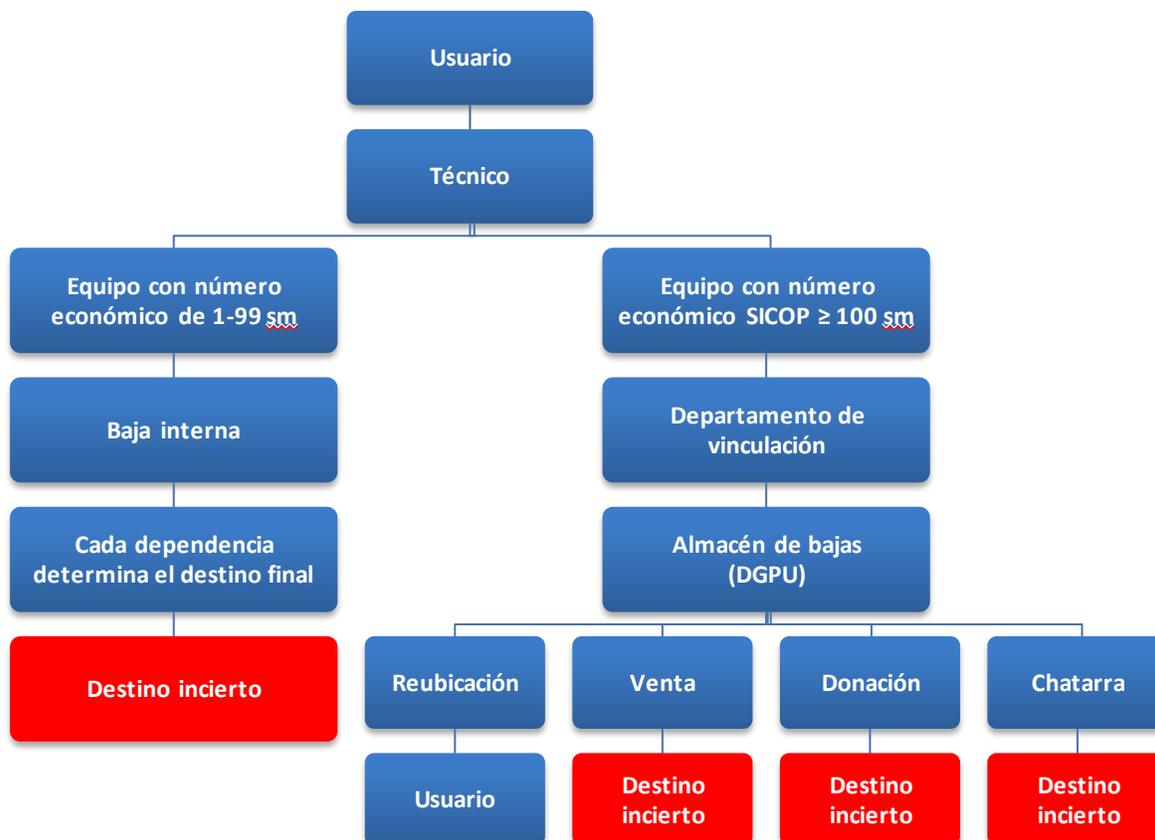


Figura 8. Manejo actual de residuos-e en la UNAM; sm - salario mínimo.

Nota: Acentuado en color rojo, se presentan las deficiencias del actual manejo de residuos-e en la Universidad; un destino final incierto.

A continuación se describen cada una de las etapas del manejo actual de los residuos-e en la Universidad.

Usuario. El usuario inicia la baja del residuo-e notificando al Técnico académico/administrativo responsable de su Institución/Departamento, el cual procede a retirarlo.

Técnico. El Técnico clasifica el residuo-e en función de su valor económico en 2 ejes:

1. **Equipo con número económico de 1 a 99 salarios mínimos (\$ 6,661.71mn, 2014).**

Baja interna. La dependencia determina el destino final del residuo-e en función de sus características o condición.

2. Equipo con número SICOP \geq 100 salarios mínimos (\$ 6,729.00 mn, 2014).

El Técnico notifica la baja al Departamento de Vinculación (Bienes y Suministros, Informática, Secretaría General, etc.) de la institución con el AB.

Departamento de vinculación. El Departamento de Vinculación retira el residuo-e, notifica la baja vía electrónica a través del SICOP al AB, con un tiempo de respuesta de 5 días hábiles. Posteriormente se programa una cita para el envío del residuo-e al AB.

Almacén de bajas. El AB clasifica el residuo-e en 4 categorías: 1) reubicación a dependencias y entidades universitarias, 2) venta directa a la comunidad universitaria y público en general, 3) donación a escuelas públicas y 4) chatarra.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer un esquema de manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos para la Universidad Nacional Autónoma de México, particularmente en el Campus Ciudad Universitaria.

Objetivos particulares

- Realizar un diagnóstico del actual proceso administrativo de los residuos-e en la Universidad.
- Identificar el tipo de residuos-e que se genera en la Universidad.
- Identificar el material en residuos-e que desecha la Universidad y proponer una disposición final responsable para cada uno de esos materiales.
- Identificar los posibles riesgos a la salud y al ambiente de los principales materiales tóxicos de los residuos-e por una inadecuada disposición final.
- Brindar una alternativa de manejo responsable de los residuos-e evitando que sean arrojados al entorno.
- Establecer líneas de acción que permitan reducir los tiempos en almacenaje y recolección de los residuos-e.

III. MÉTODO

Con base en un ejercicio típico del “Listado de Bienes Eléctricos y Electrónicos” de la Dirección General de Patrimonio Universitario (DGPU), se realizó un diagnóstico de la generación y destino de los equipos dados de baja.

Se diseñó y aplicó una encuesta con 10 reactivos dirigida a Usuarios y Técnicos aleatoriamente (Anexo 1), identificando por sectores: 1) investigación, 2) docencia y 3) administrativo. Con base en la población de cada dependencia se estimó el número de encuestas para obtener un nivel de confianza del 90% (Bolaños, 2012).

$$\text{Fórmula: } n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Las encuestas se aplicaron en dos etapas, previa notificación a las áreas responsables con dos días de antelación. De abril a mayo de 2013 al sector de investigación y docencia, y en septiembre de 2013 al sector administrativo. En total se aplicaron 124 encuestas dirigidas a Usuarios y 55 dirigidas a Técnicos. A partir de la información recabada en las encuestas se analizó el proceso administrativo mediante el método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), el cual permite la planificación, ejecución y control de proyectos que requieren la coordinación de actividades entre las que existen relaciones de precedencia y tiempo (Universidad de Jaén, 2013). Además se obtuvo información referente al conocimiento del SICOP, la cantidad de equipos almacenados, así como la percepción de la problemática de los residuos electrónicos en el campus.

IV. RESULTADOS

Manejo actual de residuos-e en CU

De acuerdo con los datos recabados por la DGPU en un ejercicio típico de “Bienes Eléctricos y Electrónicos”, se observa que de un total de 4,699 unidades, el 90% se vendieron (recurso económico desconocido), mientras que el 8% fue donado a escuelas públicas y solamente el 2% fueron reubicadas (**Tabla 10**).

Tabla 10. Resumen de bienes AEE que se dieron de baja en un ejercicio típico.

Procedimiento administrativo	Unidades
Reubicación a dependencias y entidades universitarias	85
Venta directa a la comunidad universitaria y público en general; así como, aquellos que por su condición son considerados “desperdicio”	4,252
Donados a escuelas publicas	362
Total	4,699

Fuente: Dirección General del Patrimonio Universitario.

Reubicación

Los AEE reubicados son aquellos dados de baja que ya no cumplen la función por la cual fueron adquiridos, pero que por su condición son reutilizables por otras dependencias que así lo requieran. En su mayoría, los AEE reubicados son “computadoras” en un 22% y “monitores de pantalla plana” en 20%, mientras que el 58% restante varía entre diversos tipos de AEE (**Figura 9**).

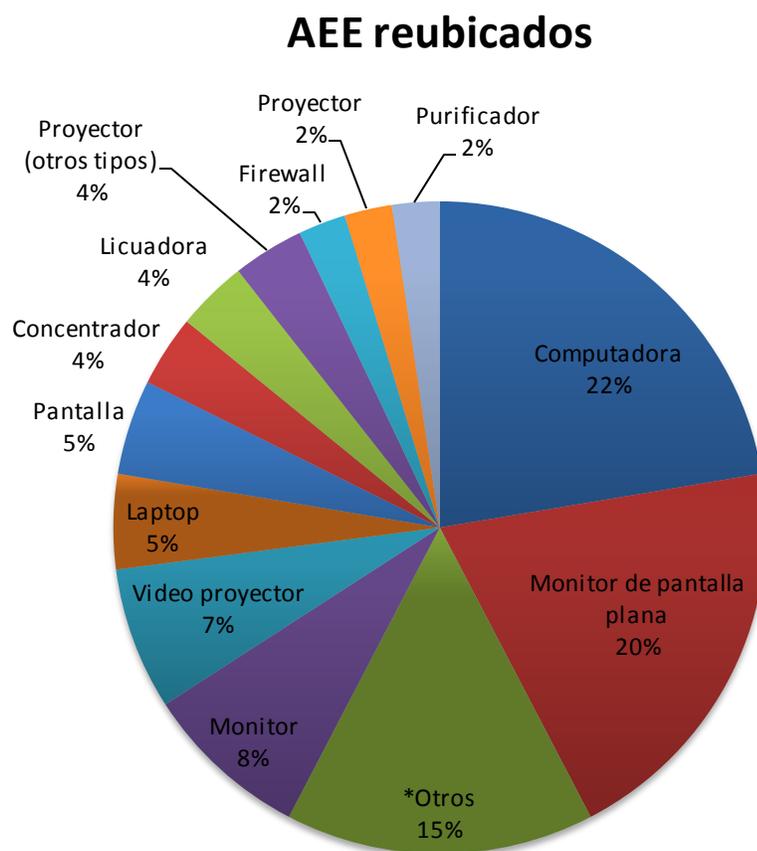


Figura 9. Tipo de AEE para reubicación.

*Otros: menos de dos unidades.

Del total de AEE reubicados, el 60% fueron enviados a la Facultad de Estudios Superiores Plantel "Cuautitlán", mientras que el 40% fue enviado a otras dependencias de la Universidad (Figura 10).

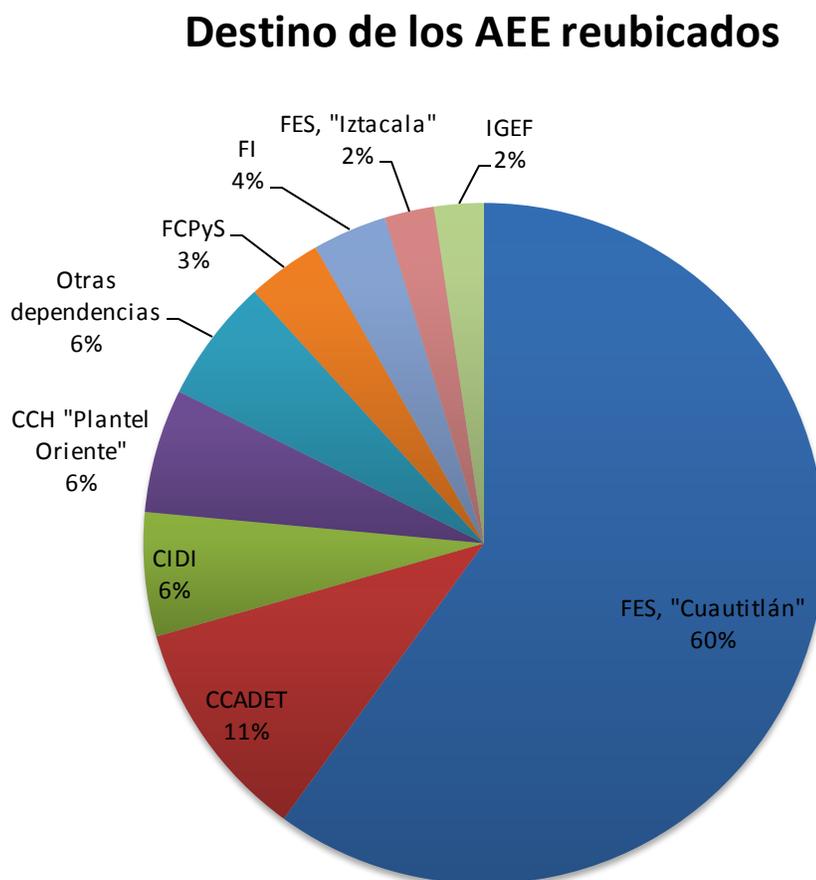


Figura 10. Destino de los AEE reubicados.

Venta

Los AEE no reubicados fueron destinados a venta para la comunidad universitaria y el público en general. Los AEE más vendidos fueron “computadoras” en un 45%, mientras que el 55% restante varía entre diversos tipos de AEE (**Figura 11**).

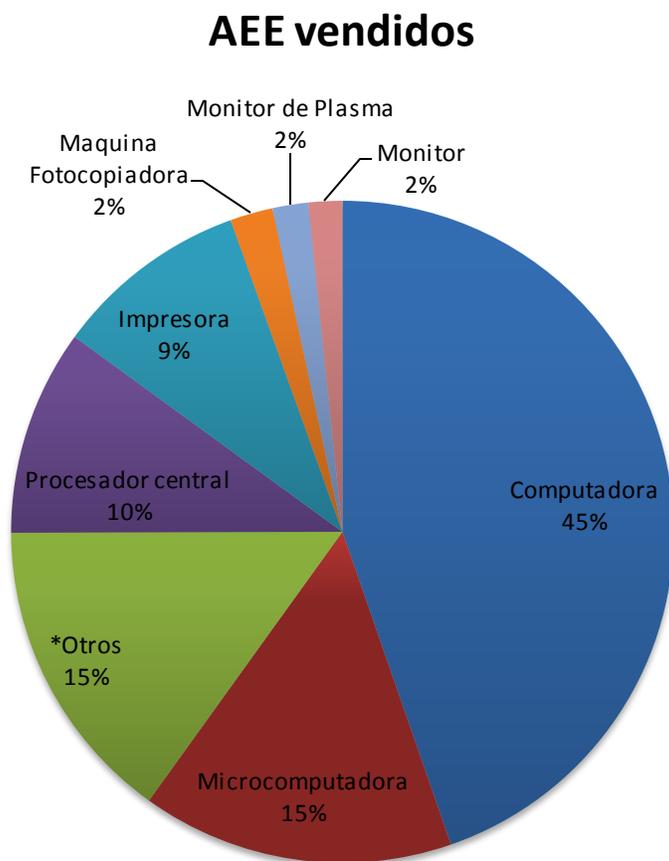


Figura 11. Tipos y porcentajes de venta de los AEE.

*Otros: menos de cincuenta unidades.

Donación

Las escuelas públicas que así lo requieran pueden solicitar mediante un oficio la donación de algún AEE que se encuentre a la venta. Los AEE más solicitados fueron “computadoras” en un 42%, mientras que el 58% restante varía entre diversos tipos de AEE (**Figura 12**).

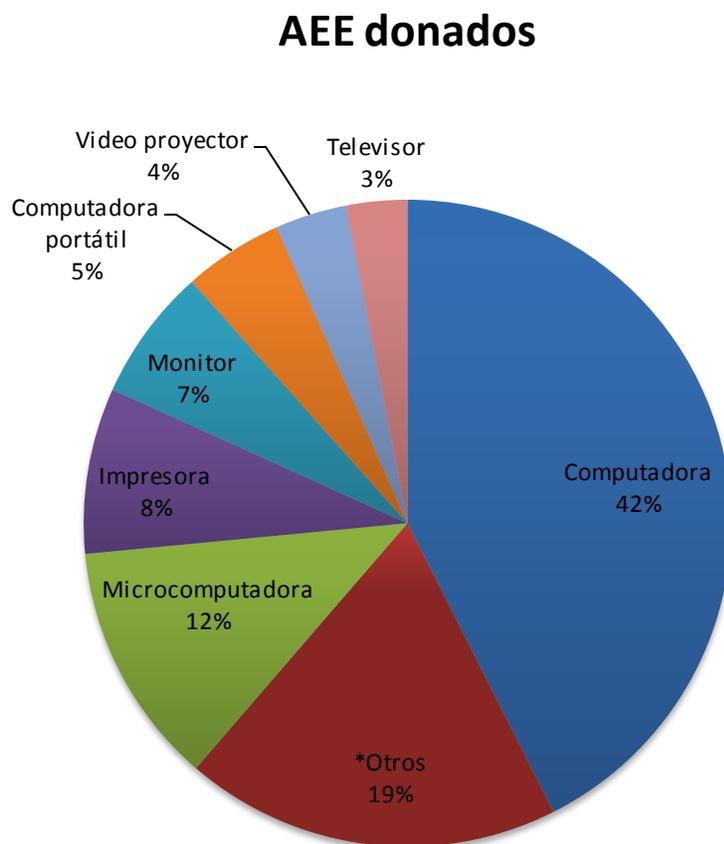


Figura 12. Tipos y cantidad de AEE donados a escuelas públicas.

*Otros: menos de diez unidades.

Desperdicio

Los AEE generados por la Universidad que no han sido reubicados, vendidos o donados, como última alternativa para su disposición final son clasificados como “desperdicio” y se venden por kg (Figura 13) o son retirados por el sistema de recolección de basura del gobierno de la ciudad.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO PATRONATO UNIVERSITARIO DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO UNIVERSITARIO SUBDIRECCIÓN DE BIENES MUEBLES DEPARTAMENTO DE ALMACÉN DE BAJAS CATÁLOGO DE PRECIOS DE BIENES OBSOLETOS Y EN DESTRUCCIÓN 2013						
NOMBRE DEL BIEN	PRECIOS EN GENERAL PERSONAS FÍSICAS Y MORALES		PRECIO COMUNIDAD UNIVERSITARIA		PRECIO SIMBÓLICO ESCUELAS	PRECIO X KG DESPERDICIO
	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	BUEN ESTADO	MAL ESTADO		
PIZARRON VERDE CHICO	\$75.92	\$15.18	\$68.32	\$13.66	\$18.97	\$0.84
PIZARRÓN VERDE MEDIANO	\$227.75	\$45.56	\$204.98	\$40.99	\$56.93	\$0.84
PIZARRÓN VERDE GRANDE	\$121.46	\$24.29	\$109.31	\$21.86	\$30.36	\$0.84
PROYECTOR	\$227.75	\$45.56	\$204.98	\$40.99	\$56.93	\$0.84
REFRIGERADOR	\$303.66	\$60.74	\$273.30	\$54.66	\$75.92	\$0.84
REGULADOR/NO BRAKE	\$151.84	\$30.47	\$136.65	\$27.33	\$37.96	\$1.30
SILLA APILABLE	\$53.14	\$10.63	\$47.83	\$9.57	\$13.29	\$0.84
SILLA C/RUEDAS	\$273.30	\$54.66	\$245.97	\$49.19	\$68.32	\$0.84
SILLA CON PALETA	\$60.74	\$12.15	\$54.66	\$10.94	\$15.18	\$0.84
SILLA FIJA	\$75.92	\$15.18	\$68.32	\$13.66	\$18.97	\$0.84
SILLÓN GIRATORIO RESPALDO A	\$455.50	\$91.10	\$409.95	\$81.99	\$113.88	\$0.84
SILLÓN GIRATORIO	\$379.58	\$75.92	\$341.62	\$68.32	\$94.89	\$0.84
SOFA	\$759.16	\$151.84	\$683.25	\$136.65	\$189.80	\$0.84
TARJETERO CHICO	\$30.36	\$6.07	\$27.33	\$5.47	\$7.59	\$0.84
TARJETERO MEDIANO	\$75.92	\$15.18	\$68.32	\$13.66	\$18.97	\$0.84
TARJETERO GRANDE	\$151.84	\$30.36	\$136.65	\$27.33	\$37.96	\$0.84
TECLADO	\$75.92	\$15.18	\$68.32	\$13.66	\$18.97	\$1.30
TELEVISIÓN	\$911.00	\$182.20	\$819.90	\$163.97	\$227.75	\$1.30
UNIDAD DENTAL	\$5,314.16	\$1,062.83	\$4,782.74	\$956.55	\$1,328.53	\$0.84
VENTILADOR	\$75.92	\$15.18	\$68.32	\$13.66	\$18.97	\$0.84
VIDEOCASSETERA	\$379.58	\$75.92	\$341.62	\$68.32	\$94.89	\$0.84
VITRINA CON VIDRIO	\$379.58	\$75.92	\$341.62	\$68.32	\$94.89	\$0.84
VITRINA SIN VIDRIO	\$151.84	\$30.36	\$136.65	\$27.33	\$37.96	\$0.84

LOS BIENES SE VENDEN EN LAS CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRAN Y NO SE ACEPTAN CAMBIOS NI DEVOLUCIONES

Figura 13. Listado de bienes susceptibles a venta por kg.

Fuente: Dirección General de Patrimonio Universitario, 2013.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Encuesta dirigida a Usuarios

Se aplicaron a tres dependencias (docencia, investigación y administrativo) dos diferentes tipos de encuestas: la primera, a Usuarios de AEE, es decir, personal académico y administrativo. La segunda, al personal técnico académico. De un total de 124 encuestas aplicadas a Usuarios, sólo el 50% fueron respondidas, mientras que el otro 50% declinó participar. La población que no respondió argumentó falta de tiempo, que no fueron notificados previamente, desinterés, etc.

De acuerdo con los resultados en la encuesta a Usuarios, se determinó que el AEE generado en mayor cantidad correspondió al equipo PC con 71%, seguido de equipo de laboratorio (centrífuga, refrigerador, etc.) con 11%, equipo laptop con 6%, teclados y ratones con 5%, monitores y pantallas en otro 5% y por último, "otros" (fax, teléfono, etc.) con 2% (**Figura 14**).

Generación de AEE en Usuarios

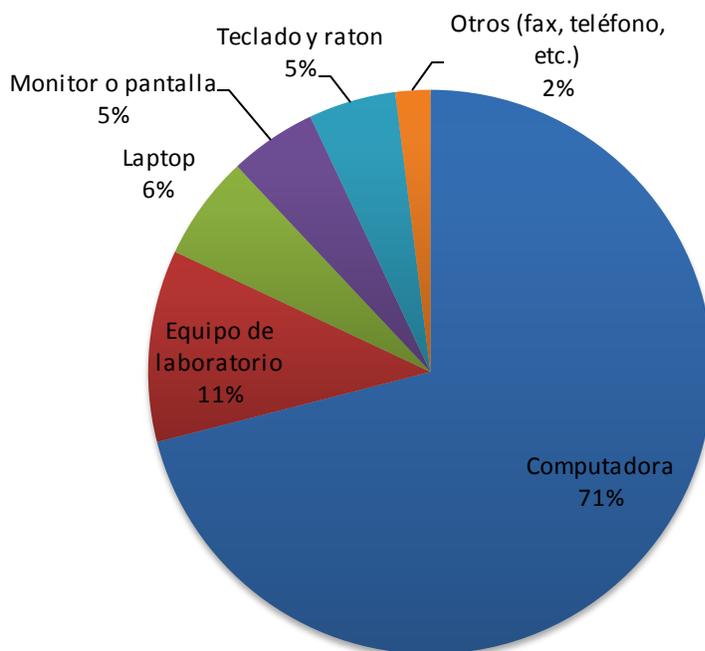


Figura 14. Generación de AEE en Usuarios.

Los resultados determinaron que el tipo de AEE cambiado con mayor frecuencia correspondió al equipo PC con un 55%, seguido de teclados y ratones con 18%, equipo laptop con 10%, impresoras con 10%, monitores o pantallas con 6%, y otros (fax, teléfono, etc.) en un 1% (

Figura 15).

Distribución de cambio de AEE

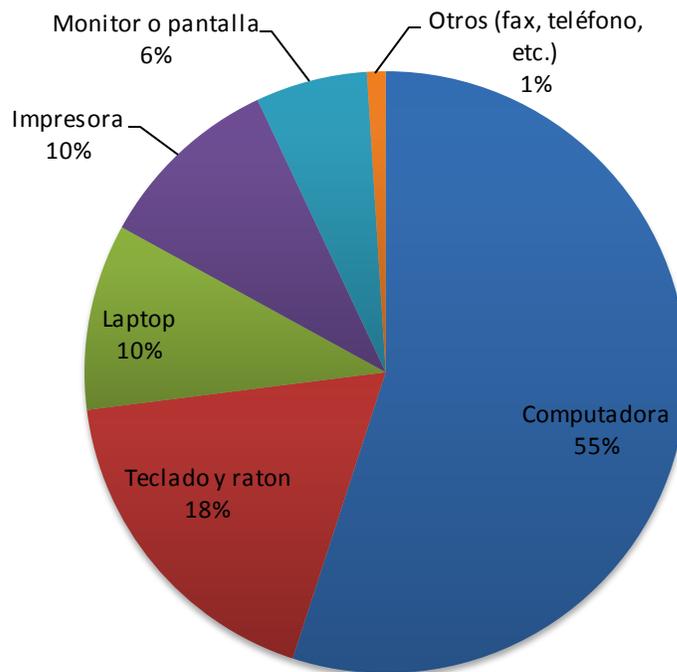


Figura 15. Distribución de cambio de AEE.

Para conocer con qué frecuencia los Usuarios renuevan sus AEE, se preguntó el tiempo de cambio. Se observó que el 53% de los encuestados cambian sus equipos entre uno y dos años, el 29% más de dos años, y el resto entre seis meses a un año, dependiendo del tipo de AEE (

Figura 16).

Tiempo de cambio de AEE

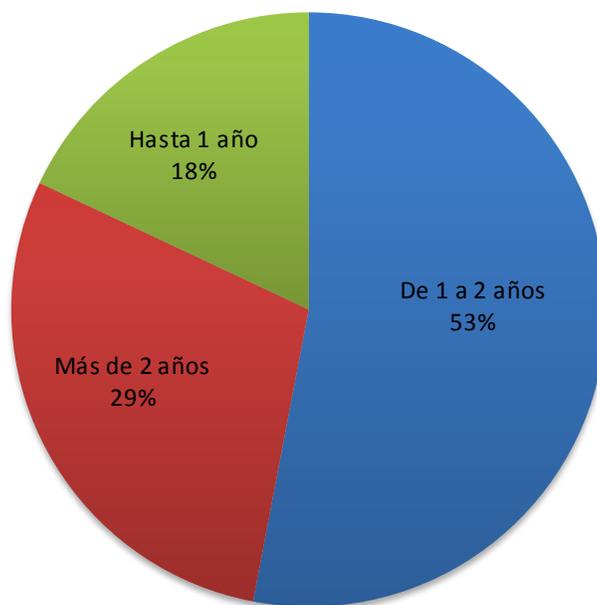


Figura 16. Tiempo de cambio de AEE.

Una vez que se ha notificado la baja de un AEE al área correspondiente, ésta lo puede retirar desde el mismo día de la notificación, hasta 30 días o más. El 21% respondió que el retiro del equipo tarda más de 30 días, el 54% informó que el retiro es en un lapso menor a 30 días, y el 2% lo ha retirado personalmente. El restante 23% de los encuestados aún no ha requerido efectuar dicho procedimiento administrativo (

Figura 17).



Figura 17. Tiempo de retiro de un AEE posterior a la notificación.

En relación con el tiempo de retiro posterior a la notificación, 37% de los Usuarios encuestados lo atribuyen al personal responsable, 34% desconoce el motivo, 20% al procedimiento burocrático y el 9% restante consideró que depende del tipo de equipo que se da de baja (

Figura 18).

Percepción del tiempo de retiro de AEE

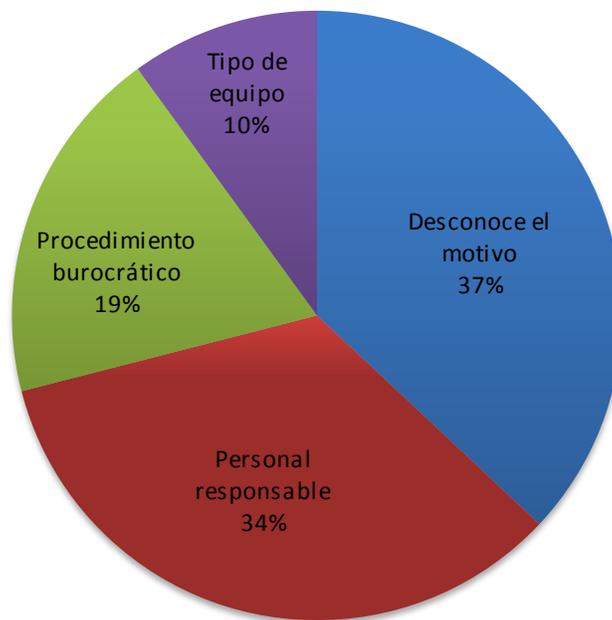


Figura 18. Percepción de eficiencia del procedimiento administrativo de bajas en Usuarios.

En relación con el conocimiento de los Usuarios sobre el destino de los AEE retirados, el 52% de los encuestados desconoce su destino final, 19% los reubica, 18% los almacena, 10% los tira a la basura y únicamente el 1% los recicla (

Figura 19).

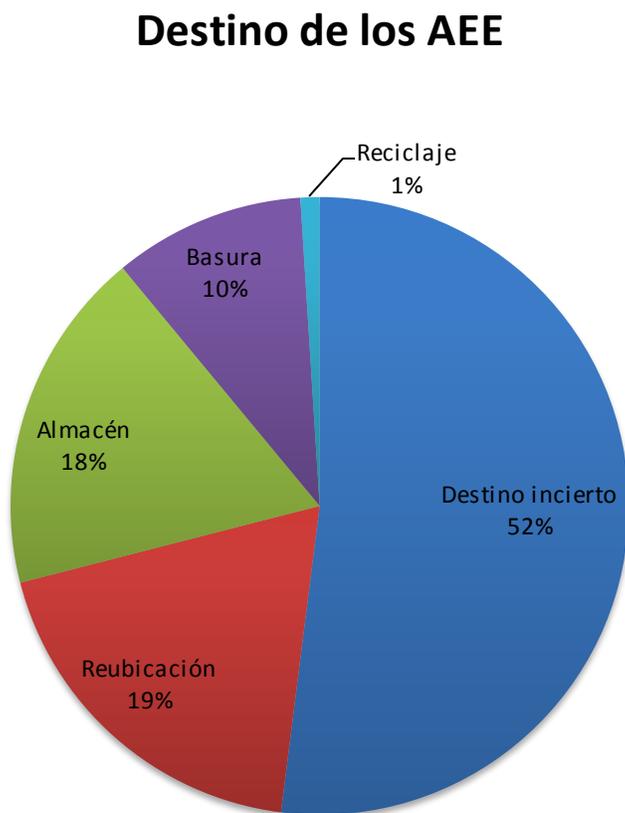


Figura 19. Destino de AEE en condición de baja.

Los Usuarios calificaron la gestión de la Universidad para los AEE en: 29% mala, 28% dijo que no podría calificar el sistema de gestión y el 43% restante respondió que va de buena a regular (Figura 20).

Percepción de la gestión de AEE

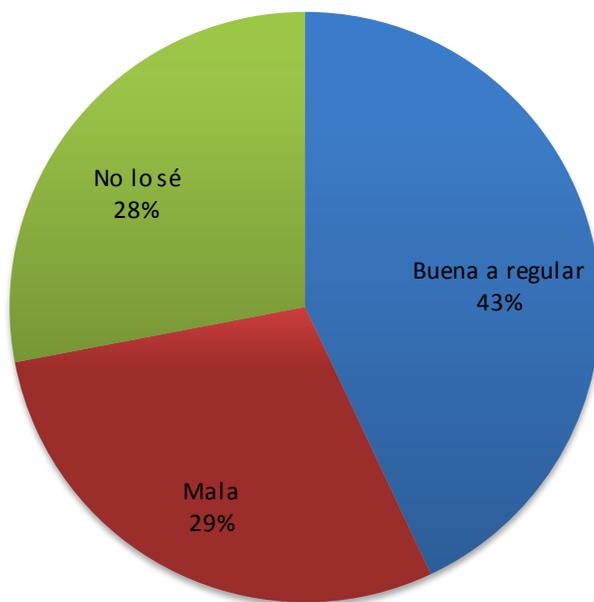


Figura 20. Percepción del procedimiento administrativo de bajas de AEE.

Encuesta dirigida a Técnicos

De un total de 55 encuestas aplicadas a Técnicos, sólo el 74% fueron respondidas, mientras que el otro 26% declinó participar. La población que no respondió argumentó falta de tiempo, que no fueron notificados previamente, desinterés, etc.

La información obtenida indicó que 42% de los Técnicos acopian determinada cantidad de AEE previo a notificar al departamento correspondiente, mientras que 55% no lo hace y únicamente el 3% lo hace en algunas ocasiones. El 86% de los encuestados indicaron que la notificación del procedimiento de baja es vía oficio, 8% de manera verbal y 6% a través de correo electrónico (**Figura 21**).

Tipo de notificación de AEE

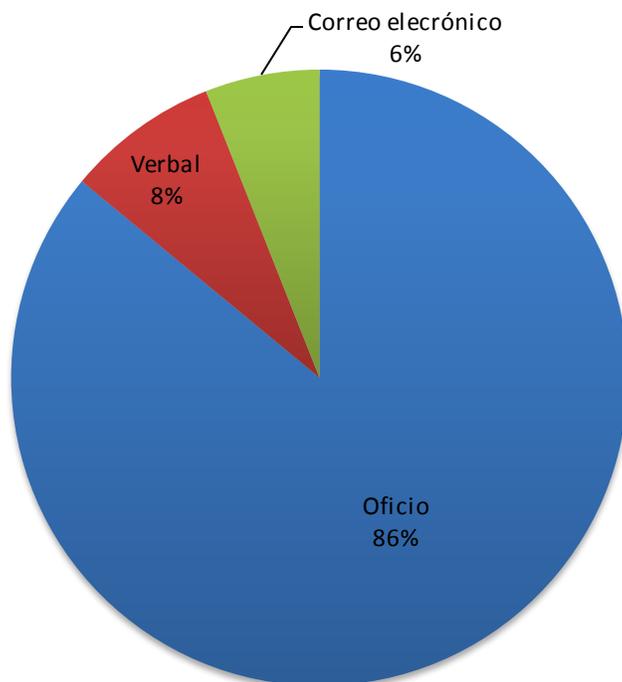


Figura 21. Tipo de notificación para el procedimiento de bajas de AEE.

Se observó una discrepancia en el procedimiento de bajas entre los Técnicos; el 31% notifica al departamento de compas e inventarios, 20% a coordinación de cómputo, otro 20% a bienes y suministros, 17% a otros departamentos (al menos 7 diferentes) y el 12% a la administración (**Figura 22**).

Área de notificación para bajas de AEE



Figura 22. Distribución de departamentos a notificar la baja de un AEE.

De acuerdo con los Técnicos encuestados, 29% indicó que el tiempo entre la notificación y el retiro ha llegado a tardar incluso más de 30 días, mientras que el 40% mencionó que entre una semana y menos de un mes, y solo el 31% indicó que es en menos de una semana (**Figura 23**).

Tiempo de retiro de un AEE

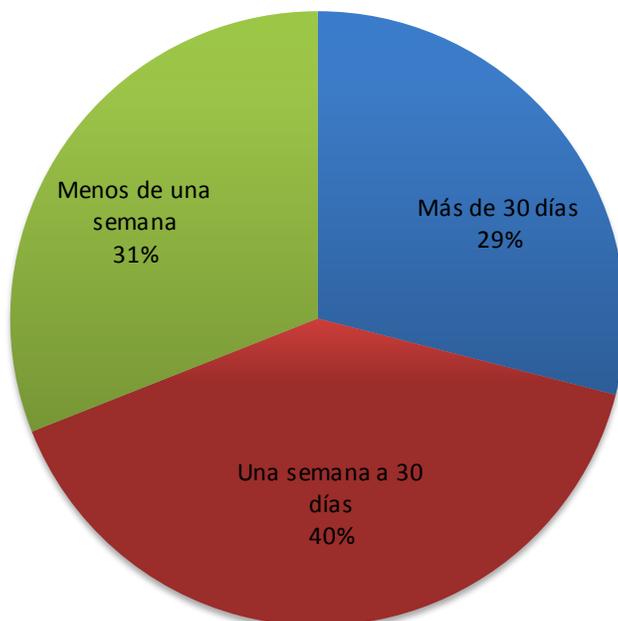


Figura 23. Tiempo de retiro de un AEE posterior a la notificación.

En relación con el tiempo de retiro posterior a la notificación, 60% de los Técnicos lo atribuyen al personal responsable, 20% desconoce el motivo, 8% al procedimiento burocrático y el 12% restante consideró que depende del tipo de equipo que se da de baja (

Figura 24).

Percepción del tiempo de retiro de AEE

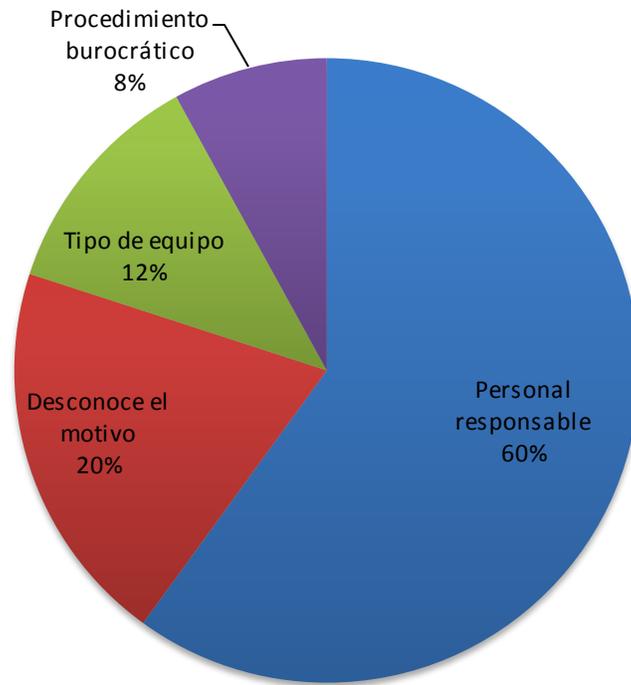


Figura 24. Percepción de eficiencia del procedimiento administrativo de baja en Técnicos.

Respecto al 14% de los Técnicos que indicaron conocer el almacén temporal de bajas, especificaron que cuenta con zonas cubiertas para proteger de la intemperie. Sin embargo, no cuenta con zonas de superficies impermeables, ni instalaciones para la recogida de derrames.

En relación con el conocimiento de los Técnicos sobre el destino de los AEE retirados, el 40% de los encuestados desconoce su destino final, 28% los almacena, 26% los reubica y el restante 6% los tira a la basura (

Figura 25).

Destino de los AEE

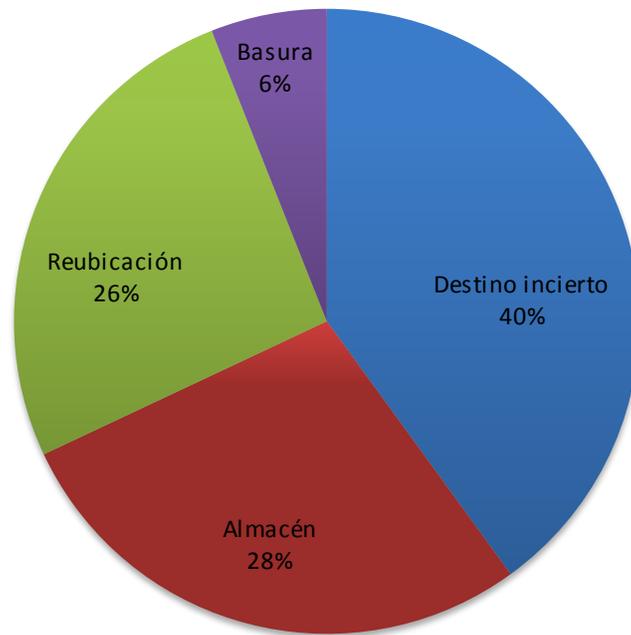


Figura 25. Destino de AEE dados de baja.

V. DISCUSIÓN

La UNAM, por sus actividades cotidianas genera una gran cantidad de residuos-e. En un año típico, el 90% de los AEE inventariados son vendidos y el 8% es donado, es decir, el 98% de los residuos-e generados por la Universidad (computadoras principalmente) terminan en el público en general y el otro 2% restante es destinado a manera de “desperdicio”. Respecto a la reubicación, los que

más se reubican son computadoras y monitores de pantalla plana, por lo que es recomendable que la Universidad promueva lineamientos en la adquisición de este tipo de equipos enfocados a consumo responsable. Cabe destacar que no todas las dependencias se benefician de esta actividad, posiblemente por falta de interés o por su desconocimiento. Por ejemplo, el 60% de los AEE reubicados son destinados a la FES “Cuautitlán”, considerando que hay otras instituciones en la Universidad con características similares a esta que podrían aprovechar dicha práctica, por lo que es recomendable promover la rehabilitación y reubicación de los AEE en la Universidad.

Respecto a las encuestas a Usuarios, para su adecuada implementación y promover la participación del personal, se notificó con dos días de anticipación la aplicación de la misma. Se aplicaron 124 encuestas, de las cuales el 50% (62 Usuarios) se negó a responder, argumentando diversos motivos como falta de tiempo, estar ocupados, no ser notificados de la aplicación de la encuesta, etc., lo que sugiere una falta de interés y desconocimiento de los riesgos asociados a este tipo de residuos. Del 50% de encuestas respondidas, se observó que el tipo de AEE que más se genera son “computadoras”, que a su vez es el equipo electrónico que se cambia con mayor frecuencia (de uno a dos años). Por lo anterior, es pertinente diseñar una propuesta que permita extender el tiempo de vida útil dentro del campus, promover su reubicación y regular su adquisición (consumo responsable).

Por otro lado, se observó que el procedimiento administrativo que conlleva la baja de los AEE es desconocido por más de un tercio de los Usuarios, así como su destino al darlos de baja. Lo que sugiere una falta de interés en este tipo de residuos, su destino una vez retirados del área de trabajo y que el actual procedimiento administrativo es susceptible a modificaciones para garantizar su manejo adecuado, acción que impactaría positivamente en la Universidad por ser un procedimiento administrativo genérico para todos los bienes muebles inventariados.

Posterior a la notificación, el tiempo de retiro de un AEE ha llegado a tardar hasta más de 30 días, en consecuencia, hay una aglomeración de equipos electrónicos almacenados en el campus (algunos en buen estado), lo que expone la necesidad de establecer tiempos de retiro. Este tiempo de retiro es atribuido por los Usuarios principalmente a la falta de respuesta del personal responsable y a los procedimientos burocráticos. Lo anterior podría explicar por qué la mayoría de los Usuarios (58%) tienen de uno a cinco equipos electrónicos almacenados en sus áreas de trabajo.

Otro aspecto que apremia son los AEE no inventariados (sin registro SICOP), que al no estar regulados permite que los Usuarios determinen su destino final. Aunque algunos los reubicar o almacenan, en su mayoría (39%) tienen un destino incierto y algunos (10%) son tirados directamente a la basura, solamente el 1% indicó reciclar sus residuos-e (sin especificar el procedimiento). Este tipo de residuos (incluyendo algunos equipos inventariados) han sido encontrados en los contenedores de basura del campus (anexo 3), aun cuando expresamente se indica no hacerlo. Lo que sugiere que los Usuarios desconocen el problema de los residuos-e en la Universidad, así como sus riesgos asociados a la salud y al ambiente.

Respecto a las encuestas a Técnicos, se aplicaron 55, de los cuales el 26% (15 Técnicos) se negó a responder, argumentando motivos similares a los de los Usuarios. Casi la mitad de los Técnicos (45%) indicaron almacenar una determinada cantidad de AEE antes de notificar una baja (sin especificar la cantidad), lo que ocasiona una aglomeración de equipos electrónicos en sus áreas de trabajo, probablemente con la intención de reducir el número de solicitudes para baja, actividad plausible en función del espacio en el área de trabajo. La baja es notificada por diferentes medios (oficio, verbal, telefónico, email) y al menos a siete diferentes departamentos. Lo que diversifica y complica el procedimiento, el cual debería ser único para simplificar su aplicación. En los Técnicos se observa una tendencia por almacenar este tipo de residuos, posiblemente por no conocer una alternativa adecuada para disponer de ellos. Posterior a la notificación, el retiro de un AEE ha llegado a tardar hasta más de 30 días, tiempo atribuido principalmente (60%) a la falta de respuesta del personal responsable (similar en los Usuarios), lo que implica nuevamente, una acumulación de equipos electrónicos y un incremento en conjunto en los tiempos de retiro. En general, se observa un desconocimiento por parte de los Técnicos (71%) sobre el almacén temporal de bajas para los residuos-e, y solamente el 14% indicó conocer su infraestructura. Indicaron que el almacén cuenta con protección de la intemperie, aunque es recomendable incluir zonas dotadas de superficies impermeables e infraestructura para el retiro de derrames.

En relación con el destino de los residuos-e inventariados, observamos un desconocimiento general (40%), seguido de una tendencia a almacenarlos (34%), en menor cantidad a reubicarlos (23%) e incluso algunos Técnicos indicaron tirarlos a la basura (3%), lo que sugiere una falta de información sobre los riesgos asociados a este tipo de residuos. Asimismo hay desconocimiento del procedimiento administrativo y una tendencia, similar a la de los Usuarios,

de acumularlos (probablemente para prevenir problemas administrativos). Aunque algunos Técnicos promueven el reúso reubicando sus equipos electrónicos, un porcentaje ha optado por tirarlos, sin considerar las implicaciones administrativas, ambientales y a la salud, probablemente por el desconocimiento de las mismas. Para los residuos-e no inventariados observamos una situación similar, un destino incierto (40%), almacenamiento (23%), reubicación (14%) y basurero (9%). En general, el destino de los residuos-e, inventariados y no inventariados, es diverso e incierto. También se observó una falta de interés en el tema por parte de los Usuarios y los Técnicos, probablemente por el desconocimiento del riesgo que representan.

En relación con la disposición de AEE a manera de “desperdicio”, una posible alternativa podría ser su resguardo en el AB y, a través de una licitación, los retire una empresa recicladora (certificada). Por medio de dicha actividad, estos residuos serían enviados a reciclaje y la Universidad podría obtener un recurso económico por la compra de sus residuos-e.

Con el actual procedimiento administrativo, el destino final de la mayoría de los AEE es incierto, y los tiempos de retiro (no regulados) ocasionan una aglomeración de residuos-e en las instalaciones universitarias, también contribuyen los aspectos burocráticos y la respuesta de retiro del personal responsable. Una posible alternativa es el desarrollo e implementación de una plataforma virtual para los AEE que permita designar y controlar los tiempos de retiro, además de darles un seguimiento. Esto permitiría obtener información actualizada de los equipos electrónicos en baja y resguardo para su consulta y solicitar la reubicación por parte de cualquier dependencia que así lo requiera. También debería contemplar una alternativa para la adecuada disposición final de los AEE vendidos y/o donados.

Una alternativa podría ser la implementación de un centro de acopio permanente en el AB, donde se podrían recibir los residuos-e del público en general y evaluar su incorporación a la Universidad si su condición y/o características lo permiten, o su disposición final a manera de desperdicio enviándolo a reciclaje (generando recursos económicos).

VI. CONCLUSIONES

Los AEE son resultado de importantes avances tecnológicos y se han convertido en una parte inherente de nuestras actividades cotidianas; su producción es masiva y el recambio por modelos nuevos es constante, en consecuencia, se ha acelerado la generación de este tipo de residuos.

Países en vías de desarrollo reciben estas grandes cantidades de residuos-e explotando sus precarias condiciones laborales y su laxa legislación ambiental. En México, el reciclado se concentra en los recicladores informales, aun cuando estos son clasificados como RME y se encuentran sujetos a planes de manejo.

Es debido a lo anteriormente mencionado que, en los últimos años, se ha incrementado la preocupación por los riesgos asociados a la salud y al ambiente relacionado con el reciclaje inadecuado de los residuos-e. En este tipo de reciclaje se utilizan métodos primitivos, en contraste con su forma de producción, sin ningún método de prevención ni equipos de protección para la salud o para el ambiente. Diversos estudios han demostrado que hay elevadas concentraciones de sustancias tóxicas, por ejemplo, bario, berilio, cadmio, cromo, níquel, mercurio, plomo y retardantes de flama en el área de trabajo de recicladoras de residuos-e (no reguladas). Se ha observado que los trabajadores de dichas áreas presentan alta incidencia en afecciones a su salud y en la de su progeñie. Estas sustancias al no ser biodegradables persisten por largos periodos de tiempo en el ambiente, perjudicando la integridad de los ecosistemas. En consecuencia, a nivel nacional e internacional, se han desarrollado instrumentos de política pública en materia ambiental con el objetivo de regular y prevenir los riesgos asociados a los residuos-e, a nivel internacional, por ejemplo, la directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo, los convenios de Basilea, Estocolmo y Róterdam, y a nivel nacional, la LGPGIR.

En las principales universidades a nivel internacional, se observa una tendencia en implementar planes de manejo para sus residuos-e, algunas de ellas también realizan campañas de acopio y recepción permanente abierta al público en general. En las principales universidades a nivel nacional, no se encontró ningún plan de manejo para sus residuos-e. Sin embargo, algunas (UNAM, UACH, UAEM, UAM, IPN, UAQ, UTeT) han implementado campañas de acopio de residuos-e.

La UNAM no es ajena al problema de los residuos-e, por ejemplo, en los últimos 12 años se observó un incremento de más del 200% en la adquisición de equipo de cómputo. Todos los AEE adquiridos por la Universidad son gestionados a través de los lineamientos que establece la DGPU. Sin embargo, se observó que otorgar a las dependencias la facultad de determinar el destino final de los AEE no inventariados promueve la inadecuada disposición final de los mismos. Para los AEE inventariados se observó la misma problemática, un destino final incierto en su disposición a manera de venta, donación o desperdicio.

En relación con el manejo de los AEE inventariados en condición de baja se observó: 1) la principal disposición final es la venta, en su mayoría de equipo PC, 2) el AEE reubicado en mayor cantidad es el equipo PC, que, en su mayoría, son enviados a la FES “Cuautitlán”, 3) los AEE que principalmente dona la Universidad es equipo PC, y 4) en última instancia, la Universidad vende los AEE a manera de desperdicio.

En relación a la encuesta diagnóstico, se observó un desinterés sobre el manejo de los AEE. Los resultados obtenidos muestran que el tipo de AEE que hay en mayor cantidad es el equipo PC, siendo a su vez el que más cambian los Usuarios. El cambio de un AEE es principalmente de entre uno y dos años. El tiempo de retiro al cambiar un AEE, posterior a la notificación de baja, puede llegar a tardar más de 30 días. El tiempo de retiro es atribuido a la eficiencia del personal responsable o por al procedimiento burocrático. Una vez retirado el AEE los Usuarios desconocen su destino. Posteriormente, el Técnico notifica por oficio a compras e inventarios. El tiempo de retiro puede llegar a tardar otros 30 días más. El tiempo de retiro es atribuido a la eficiencia del personal responsable. Una vez retirado el AEE los Técnicos desconocen su destino.

La UNAM requiere del diseño e implementación de estrategias enfocadas a los residuos-e, que minimicen su generación y maximicen la valorización, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social. Con fundamento en un diagnóstico previo. Esto puede lograrse bajo los principios de responsabilidad compartida y de manejo integral, considerando acciones, procedimientos y medios viables e incluyendo a todos los actores involucrados, con el objetivo de brindar una adecuada disposición final para todos los residuos-e generados en sus instalaciones.

Es por lo anteriormente mencionado que la Universidad precisa implementar un plan de manejo de residuos-e en el campus. Además, de acuerdo con la LGPEGIR, los residuos-e son RME y se encuentran sujetos a planes de manejo. Con el fin de responder a esta necesidad es que se hace este planteamiento en la presente tesis, que es congruente con el compromiso social y ambiental de la Universidad.

VII. RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM

Un plan de manejo de residuos-e es un instrumento que tiene el objetivo de minimizar la generación y maximizar la valorización de estos residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR). El plan de manejo ambiental permite de una forma organizada, sistematizada y coherente la inclusión de las diferentes acciones encaminadas al manejo de una problemática o un impacto ambiental que se genera a partir de las actividades realizadas en un sector determinado, en este caso, los residuos-e generados por la UNAM. A partir de la estructura actual del procedimiento administrativo para el destino de los AEE que han llegado al fin de su vida útil en las dependencias de la Universidad, se ha identificado la necesidad de implementar puntos de control en el ciclo de vida de los residuos-e y así garantizar su adecuada disposición final. En color azul se muestra el proceso administrativo actual y en color verde la propuesta del presente trabajo (

Figura 26).

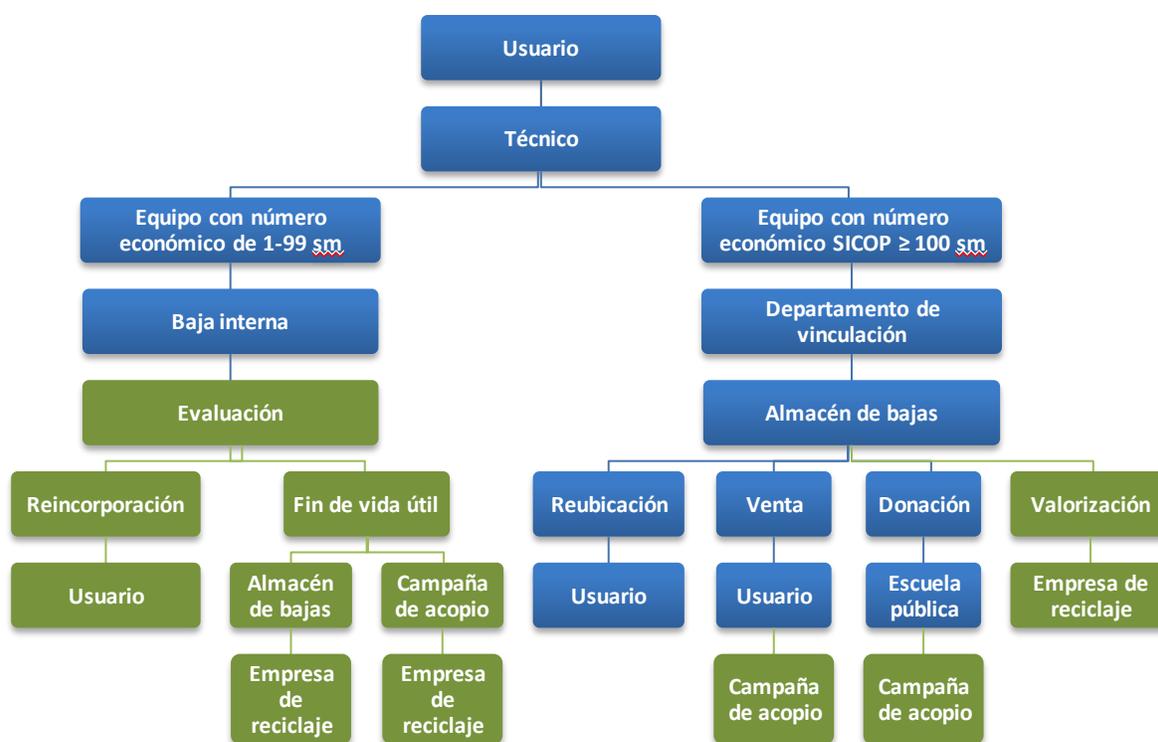


Figura 26. Propuesta para el procedimiento administrativo de residuos-e en la UNAM.

Nota: la campaña de acopio deberá ser coordinada por la universidad anualmente.

Descripción de etapas

Usuarios. El Usuario deberá iniciar la baja del residuo-e notificando (vía electrónica) al Técnico responsable de su Institución/Departamento, el cual procederá a retirarlo en los siguientes 10 días hábiles.

Técnico Académico/Administrativo. El Técnico clasificará el residuo-e en función de su valor económico en 2 ejes:

1. Equipo con número económico de 1 a 99 salarios mínimos (\$ 6,661.71mn, 2014).

Baja interna. El Técnico evaluará el AEE, el cual será reincorporado si sus características y/o condición lo permiten. Si el AEE ha llegado inevitablemente al final de su vida útil, deberá resguardarlo y posteriormente trasladarlo a las campañas de acopio coordinadas por la Universidad con una relación (notificando previamente al AB).

2. Equipo con número SICOP \geq 100 salarios mínimos (\$ 6,729.00 mn, 2014).

Técnico. El Técnico notificará (vía electrónica) al Departamento de Vinculación de la Institución, mismo que procederá a retirarlo en los siguientes 20 días hábiles.

Departamento de Vinculación. Al haber retirado el residuo-e, el Departamento de Vinculación programará una cita (vía electrónica) con el AB para su traslado, este proceso se llevará a cabo en los siguientes 40 días hábiles.

Almacén de bajas. Una vez que el residuo-e ha sido trasladado al AB se clasificará en 4 categorías:

- 1) Reubicación
- 2) Venta
- 3) Donación
- 4) Valorización

Reubicación. El AEE se reparará, si sus características y/o condición lo permiten, promoviendo el reúso y extendiendo su vida útil.

Tiempo en Reubicación: los AEE se resguardarán por 60 días, posteriormente se recategorizarán en Venta y/o Donación.

Venta y Donación. A los AEE se les añadirá infografía con información acerca de la importancia del reciclaje de los residuos-e. También se informará sobre la campaña de acopio anual de la Universidad y de las campañas de acopio mensuales de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMADF).

Tiempo en Venta/Donación: los AEE se resguardarán durante 1 año, posteriormente se recategorizarán en “Valorización”.

Valorización. Son aquellos residuos-e susceptibles de aprovechamiento por la extracción de los metales preciosos que los constituyen. El AB resguardará los residuos-e en el transcurso de 1 año, posteriormente serán retirados por una empresa de reciclaje a través de una licitación.

Especificaciones técnicas

Plataforma web

Se requiere la implementación de una plataforma web, incluida en la página electrónica de la DGPU, que permita la notificación a cada uno de los actores involucrados, así como el control y seguimiento de cada residuo-e. Por otro lado, la plataforma deberá permitir a las instituciones de la Universidad la consulta y solicitud de los AEE en la categoría “Reubicación”.

Consumo responsable

Se deberán establecer lineamientos (disponibles en consulta electrónica) para la adquisición de AEE con un menor impacto ambiental. Evitando recomendaciones de marcas y en estricto apego a las especificaciones técnicas.

Actividades complementarias

Recepción permanente

La Universidad deberá coordinar con el sector gubernamental y privado la implementación de un centro de acopio permanente en el AB, abierto al público en general. El material acopiado sería enviado a tratamiento por medio de una empresa de reciclaje, excepto cuando se encuentre en óptimas condiciones y se solicite su donación a la Universidad.

Campaña de acopio

Se deberá implementar anualmente una campaña de acopio de residuos-e para la comunidad universitaria en coordinación con una empresa privada y la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (**anexo 2**). Los residuos-e acopiados en la campaña serán trasladados a una empresa de reciclaje (certificada).

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta

ENCUESTA SOBRE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DIRIGIDA A USUARIOS

Partiendo de que los aparatos eléctricos y electrónicos son aparatos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, responda las siguientes preguntas.

Instrucciones: marque con una "X" el inciso que corresponda.

Nota: La información contenida en este cuestionario será confidencial y es exclusivamente para fines estadísticos.

INSTITUCIÓN: _____

1. ¿Qué tipo de aparatos eléctricos y electrónicos tiene en mayor cantidad?

- | | | | |
|----|--------------------|----|---|
| a) | Computadoras (CPU) | e) | Monitores o pantallas LCD |
| b) | Laptop | f) | Equipos de laboratorio (centrífuga, refrigerador, etc.) |
| c) | Teclados y ratones | g) | Otros (fax, teléfono, etc.) |
| d) | Impresoras | | |

2. ¿Qué tipo de aparatos eléctricos y electrónicos son los que cambia con más frecuencia?

- | | | | |
|----|--------------------|----|---|
| a) | Computadoras (CPU) | e) | Monitores o pantallas LCD |
| b) | Laptop | f) | Equipos de laboratorio (centrífuga, refrigerador, etc.) |
| c) | Teclados y ratones | g) | Otros (fax, teléfono, etc.) |
| d) | Impresoras | | |

3. ¿Cuántos equipos electrónicos tiene que ya no funcionen?

- | | | | |
|----|----------------|----|-------------------|
| a) | Ninguno | d) | 11 - 20 equipos |
| b) | 1 - 5 equipos | e) | Más de 20 equipos |
| c) | 6 - 10 equipos | | |

4. Con qué frecuencia ha cambiado aparatos eléctricos y electrónicos en su departamento en los últimos 5 años:

- | | | | |
|----|--------------------|----|----------------|
| a) | Muy frecuentemente | d) | Poco frecuente |
| b) | Frecuente | e) | Nada frecuente |
| c) | Algunas veces | | |

5. ¿Sabe a quién notificar para dar de baja un aparato eléctrico y electrónico en la UNAM?

Sí

No

Dependencia: _____

6. ¿Sabe cuál es el destino de los aparatos eléctricos y electrónicos dados de baja?

Sí

No

Dependencia: _____

7. ¿Cuánto tiempo tardan en retirar el aparato eléctrico y electrónico una vez que ha notificado?

a) 1 día

d) 2 semanas - 1 mes

b) 2 días – 1 semana

e) Más de 1 mes

c) 1 – 2 semanas

8. ¿Desde su experiencia, de qué depende el tiempo de retiro de los aparatos eléctricos y electrónicos por parte del personal responsable?

9. ¿Cuál es el destino de un equipo que no se encuentra inventariado, es decir, su valor es menor a 99 salarios mínimos (\$ 6,170.67mn)?

a) Se almacena

d) Se reubica a otro usuario

b) Se tira

e) Otro destino: _____

c) Se reubica en otra dependencia

10. Considera que el manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos es:

a) Bueno

b) Regular

c) Malo

ENCUESTA SOBRE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DIRIGIDA AL PERSONAL TÉCNICO

Partiendo de que los aparatos eléctricos y electrónicos son aparatos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, responda las siguientes preguntas.

Instrucciones: marque con una "X" el inciso que corresponda.

Nota: La información contenida en este cuestionario será confidencial y es exclusivamente para fines estadísticos.

INSTITUCIÓN: _____

1. ¿A quién notifica una vez que retira los aparatos eléctricos y electrónicos?

Dependencia: _____

2. ¿Cómo notifica el retiro de un aparato eléctrico y electrónico inventariado, es decir, con un valor económico mayor a 100 salarios mínimos (\$6,233.00 mn)?

- | | | | |
|----|--------------------|----|---------------------------|
| a) | Oficio | d) | Teléfono |
| b) | Verbal | e) | Otro (especifique): _____ |
| c) | Correo electrónico | | |

3. ¿Cuánto tiempo tardan en retirar el aparato eléctrico y electrónico una vez que ha notificado?

- | | | | |
|----|-------------------|----|-------------------|
| a) | 1 día | d) | 2 semanas - 1 mes |
| b) | 2 días – 1 semana | e) | Más de 1 mes |
| c) | 1 – 2 semanas | | |

4. ¿Desde su experiencia, de qué depende el tiempo de retiro de los aparatos eléctricos y electrónicos por parte del personal responsable?

5. ¿Conoce el lugar en donde se almacenan los equipos eléctricos y electrónicos que se dan de baja?

() Sí, especifique: _____

() No

6. Sabe si el lugar donde se almacenan los aparatos eléctricos y electrónicos cuenta con:

- Zonas adecuadas dotadas de superficies impermeables, con instalaciones para la recogida de derrames.
() Sí
() No
- Zonas que se encuentren cubiertas para protección de la intemperie.
() Sí
() No

7. ¿Antes de dar de baja los equipos, usted acumula un número o volumen determinado de equipos?

- () Sí
() No
Volumen: _____
Cantidad: _____

8. ¿Sabe cuál es el destino de los equipos eléctricos y electrónicos que se dan de baja?

- () Sí
() No
Dependencia: _____

9. ¿Cuál es el destino que tienen los aparatos eléctricos y electrónicos que no están inventariados, es decir, con un valor menor a 99 salarios mínimos (\$ 6,170.67mn)?

- a) Se almacena
b) Se tira
c) Se reubica en otra dependencia
d) Se reubica a otro usuario
e) Otro destino: _____

10. ¿Cuál es el destino que tienen los aparatos eléctricos y electrónicos inventariados, es decir, con un valor mayor o igual a 100 salarios mínimos (\$6233.00 mn) con número SICOP (Sistema Integral de Control Patrimonial)?

- a) Se almacena
b) Se tira
c) Se reubica en otra dependencia
d) Se reubica a otro usuario
e) Otro destino: _____

Anexo 2. Campaña de acopio

El plan de manejo propuesto incorpora la alternativa de implementar una campaña de acopio anual en la Universidad. Por consiguiente, como parte de las actividades realizadas en la presente Tesis, se participó en la campaña de acopio de residuos-e o “Recicladrón” los días 25 y 26 de octubre de 2013, coordinada por el Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA) y en colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (SMADF).

En el Recicladrón se recibieron 36.5 toneladas de residuos-e y 2.3 toneladas de pilas del público en general. Respecto a la UNAM, se atendieron 40 dependencias con un total de 3,660 bienes entregados. Lo que permitió enviar a tratamiento los residuos-e acopiados y evitó la exposición al ambiente de las sustancias tóxicas que los constituyen. En la **Tabla 11** se muestran las concentraciones de algunas sustancias o elementos presentes en los residuos-e, equivalentes a las 36.5 toneladas de residuos-e acopiados.

Tabla 11. Concentración de sustancias o elementos evitados al ambiente

Elemento o Sustancia	Concentraciones en kg/t
Hierro (Fe)	13,138
Aluminio (Al)	1,824
Cobre (Cu)	1,459
Cromo (Cr)	365
Níquel (Ni)	365
Cloro (Cl)	350
Zinc (Zn)	182
Plomo (Pb)	106
Estaño (Sn)	87
Antimonio (Sb)	62
Fósforo (P)	13
Cadmio (Cd)	7
PCB (Retardantes de Flama)	0.5
Mercurio (Hg)	0.02

Fuente: modificado de Morf et al., 2006.

Registro fotográfico de la campaña de acopio 2013



Jornada de Acopio de Residuos-e o “Reciclatrón”

Objetivo

Se deberá realizar un acopio de los residuos electrónicos de la comunidad universitaria, así como de los resguardados en las dependencias de la UNAM cuyo valor sea menor a los 99 salarios mínimos (sin registro SICOP) con la finalidad de dar un tratamiento adecuado en su disposición final.

Nota: la campaña se deberá de llevar en coordinación previa con la Secretaría de Medio Ambiente de Distrito Federal (SMADF) y una Empresa Recicladora (ER) certificada.

Actividades

A continuación se presentan las actividades que se deberán realizar a través de la campaña.

Acciones previas a la campaña

Acciones previas a la campaña		“ Jornada de Acopio de Residuos-e, UNAM”
Etapa	Eje	Descripción
1	Permisos	Elaborar un oficio solicitando el espacio en la Universidad. Elaborar un oficio para el ingreso del tráiler (especificar el tipo de vehículo, placas y nombre del conductor).
2	Acceso	Establecer alternativas de acceso para el vehículo de carga responsable del retiro de los residuos electrónicos.
3	Transporte y módulos	Determinar la ubicación del vehículo de carga en el transcurso del evento dentro de las instalaciones universitarias, la misma que deberá encontrarse cercana a los módulos de recepción.
4	Recepción	Diseñar una ruta vial (acceso, descarga y salida) para la recepción en los módulos de acopio. Designar una zona de descenso para vehículos de carga (camiones, vagonetas, etc.).
5	Invitación a dependencias	Enviar una circular notificando al personal de cada una de las dependencias de la UNAM sobre la campaña de acopio y el procedimiento de baja de los residuos electrónicos (consultar a la DGPU). Nota: especificar la entrega de relación de bienes y enviarla en su versión electrónica.

6	Difusión	Diseñar infografía para la página del PUMA, ecopuma y redes sociales.
		Imprimir 500 carteles de material de difusión, solicitar (consultar al departamento de bomberos) la colocación de 20 lonas en el campus.
		Realizar una invitación al evento por Radio UNAM y publicar la nota en Gaceta UNAM.
		Solicitar una lista de los medios de prensa a cubrir el evento con la finalidad de autorizar los accesos.
7	Educación ambiental	Diseñar dinámicas de educación ambiental sobre los daños a la salud y al ambiente por el inadecuado manejo de residuos (una carpa).
8	Actividades culturales	Diseñar dinámicas culturales para realizar en el transcurso del evento.
9	Horarios	Establecer los horarios del personal PUMA a cubrir en el evento.

Acciones durante la campaña de acopio

Acciones durante la campaña		“ Jornada de Acopio de Residuos-e, UNAM”		
Etapa	Eje	Descripción		
		SMADF - ER	PUMA	
1	Ingreso del transporte	Se proporcionará un tráiler con capacidad de 25 a 30 toneladas. Su ingreso será de 6:00 a 6:30 a.m.	El PUMA coordinará el ingreso a la Universidad por medio de oficios.	
2	Personal de carga	La SMADF y la ER se encargarán de subir los residuos al tráiler y peletizarlos.		
3	Infraestructura	La SMADF proporcionará cuatro carpas (3x3.5) con sus mesas y computadora (1 por carpa) más ocho sillas. Instalará seis pedestales de señalización alusivos a la jornada.	El PUMA establecerá una carpa informativa sobre los daños a la salud y ambiente asociados a los residuos electrónicos, estrategia ecopuma, etc.	
4	Recepción, registro y encuesta	La recepción, registro y encuesta de participantes lo llevarán a cabo SMADF - ER.	El PUMA diseñará una encuesta en coordinación con la SMA.	
5	Actividades culturales		El PUMA implementará la infraestructura necesaria para las dinámicas culturales.	

6	Categorización	Los educadores de la SMADF, serán los encargados de verificar que los participantes depositen correctamente sus residuos electrónicos en las cuatro categorías.
7	Salida del transporte	El PUMA establecerá la ruta de salida y reingreso del camión de carga cuando se tenga que retirar.

Actividades posteriores a la campaña de acopio

Posterior a la campaña		" Jornada de Acopio de Residuos-e, UNAM"
Etapas	Eje	Descripción
1	Encuesta	Se hará un análisis de las encuestas para obtener información actualizada de tipo de residuo electrónico, procedencia, interés en temas ambientales, etc. Con el objetivo de elaborar un informe de los resultados de la campaña.
2	Informe	La empresa recicladora entregará un reporte general de resultados con la cantidad de material acopiado. La empresa recicladora entregará un certificado a cada una de las dependencias de la UNAM que participaron en el evento, más un certificado general para la UNAM por el total del material acopiado.
3	Entrega de certificados	Se les notificará a las dependencias la emisión de los certificados de destrucción responsable para su retiro en las instalaciones del PUMA.

Anexo 3. Residuos-e en Ciudad Universitaria previo a la campaña de acopio

Residuos electrónicos tirados en edificios y basureros de Ciudad Universitaria, UNAM.





IX. LITERATURA CITADA

- Agency, U.S.E.P. (2011). U. S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery Electronics Waste Management in the United States Through 2009, (May).
- Asante, K. A., Agusa, T., Biney, C. A., Agyekum, W. A., Bello, M., Otsuka, M., ... Tanabe, S. (2012). Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Accra in Ghana. *The Science of the total environment*, 424, 63–73. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.02.072
- Bi, X., Li, Z., Zhuang, X., Han, Z., & Yang, W. (2011). High levels of antimony in dust from e-waste recycling in southeastern China. *The Science of the total environment*, 409(23), 5126–8. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.08.009
- Boncompagni, E., Muhammad, a., Jabeen, R., Orvini, E., Gandini, C., Sanpera, C., ... Fasola, M. (2003). Egrets as Monitors of Trace-Metal Contamination in Wetlands of Pakistan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45(3), 399–406. doi: 10.1007/s00244-003-0198-y
- Davis, G., & Wolski, M. (2009). E-waste and the sustainable organisation: Griffith University's approach to e-waste. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(1), 21–32. doi: 10.1108/14676370910925226
- Dwivedy, M., & Mittal, R. K. (2012). An investigation into e-waste flows in India. *Journal of Cleaner Production*, 37, 229–242. doi:10.1016/j.jclepro.2012.07.017
- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q., & Jiang, G. (2008). High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*, 71(7), 1269–75. doi:10.1016/j.chemosphere.2007.11.065
- Gaidajis, G., Angelakoglou, K., & Aktsoğlu, D. (2010). E-waste : Environmental Problems and Current Management, 3(1), 193–199.
- Gavilán García, A., Román-Moguel, G., Meraz-Cabrera, L., & Acevedo, J. (2011). Policy options for the management of end of life computers in Mexico. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14(4), 657–667. doi:10.1007/s10098-011-0430-9
- Gavilán-garcía, A., Román-moguel, G., & Aburto-mejía, F. A. S. (2009). Electronic Waste Generation and Technology for an Appropriate Management in Mexico, 3(2), 85–92.
- Huang, K., Guo, J., & Xu, Z. (2009). Recycling of waste printed circuit boards: a review of current technologies and treatment status in China. *Journal of hazardous materials*, 164 (2-3), 399–408. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.08.051

- Jun-hui, Z., & Hang, M. (2009). Eco-toxicity and metal contamination of paddy soil in an e-wastes recycling area. *Journal of hazardous materials*, 165(1-3), 744–50. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.10.056
- Kahhat, R., Kim, J., Xu, M., Allenby, B., Williams, E., & Zhang, P. (2008). Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(7), 955–964. doi:10.1016/j.resconrec.2008.03.002
- Kiddee, P., Naidu, R., & Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: An overview. *Waste management (New York, N. Y.)*. doi:10.1016/j.wasman.2013.01.006
- Li, Y., Huo, X., Liu, J., Peng, L., Li, W., & Xu, X. (2011). Assessment of cadmium exposure for neonates in Guiyu, an electronic waste pollution site of China. *Environmental monitoring and assessment*, 177(1-4), 343–51. doi:10.1007/s10661-010-1638-6
- Liu, H., Zhou, Q., Wang, Y., Zhang, Q., Cai, Z., & Jiang, G. (2008). E-waste recycling induced polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans pollution in the ambient environment. *Environment international*, 34(1), 67–72. doi:10.1016/j.envint.2007.07.008
- Luo, C., Liu, C., Wang, Y., Liu, X., Li, F., Zhang, G., & Li, X. (2011). Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, South China. *Journal of hazardous materials*, 186(1), 481–90. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.11.024
- Man, M., Naidu, R., & Wong, M. H. (2012). Persistent toxic substances released from uncontrolled e-waste recycling and actions for the future. *The Science of the total environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.07.017
- Manual de Gestión de Residuos Peligrosos Universidad Complutense de Madrid Manual de Gestión de Residuos Peligrosos. (2007).
- Manuel, J., Calderón, S., & Arango, C. A. (n.d.). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.
- Ni, H.-G., & Zeng, E. Y. (2009). Law Enforcement and Global Collaboration are the Keys to Containing E-Waste Tsunami in China. *Environmental Science & Technology*, 43(11), 3991–3994. doi:10.1021/es802725m
- Ni, H.-G., Zeng, H., Tao, S., & Zeng, E. Y. (2010). Environmental and human exposure to persistent halogenated compounds derived from e-waste in China. *Environmental toxicology and chemistry / SETAC*, 29(6), 1237–47. doi:10.1002/etc.160
- Qin, X., Xia, X., Li, Y., Zhao, Y., Yang, Z., Fu, S., Yang, Y. (2009). Ecotoxicological effects of mixed pollutants resulted from e-wastes recycling and bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers in Chinese loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). *Journal of Environmental Sciences*, 21(12), 1695–1701. doi:10.1016/S1001-0742(08)62475-4

- Ravi, V. (2012). Evaluating overall quality of recycling of e-waste from end-of-life computers. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 145–151. doi:10.1016/j.jclepro.2011.08.003
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *The Science of the total environment*, 408(2), 183–91. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.09.044
- Song, Q., Wang, Z., Li, J., & Duan, H. (2012). Sustainability evaluation of an e-waste treatment enterprise based on emergy analysis in China. *Ecological Engineering*, 42, 223–231. doi:10.1016/j.ecoleng.2012.02.016
- Sthiannopkao, S., & Wong, M. H. (2012). Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences. *The Science of the total environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.06.088
- Sun, Y.-X., Luo, X.-J., Mo, L., He, M.-J., Zhang, Q., Chen, S.-J., ... Mai, B.-X. (2012). Hexabromocyclododecane in terrestrial passerine birds from e-waste, urban and rural locations in the Pearl River Delta, South China: levels, biomagnification, diastereoisomer- and enantiomer-specific accumulation. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 171, 191–8. doi:10.1016/j.envpol.2012.07.026
- Tang, X., Shen, C., Shi, D., Cheema, S. a, Khan, M. I., Zhang, C., & Chen, Y. (2010). Heavy metal and persistent organic compound contamination in soil from Wenling: an emerging e-waste recycling city in Taizhou area, China. *Journal of hazardous materials*, 173(1-3), 653–60. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.08.134
- Wang, Y., Tian, Z., Zhu, H., Cheng, Z., Kang, M., Luo, C., ... Zhang, G. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils and vegetation near an e-waste recycling site in South China: concentration, distribution, source, and risk assessment. *The Science of the total environment*, 439, 187–93. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.08.018
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5), 436–458. doi:10.1016/j.eiar.2005.04.001
- Wong, C. S. C., Duzgoren-Aydin, N. S., Aydin, A., & Wong, M. H. (2007). Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 148(1), 62–72. doi:10.1016/j.envpol.2006.11.006
- Wong, M. H., Wu, S. C., Deng, W. J., Yu, X. Z., Luo, Q., Leung, a O. W., ... Wong, a S. (2007). Export of toxic chemicals - a review of the case of uncontrolled electronic-waste recycling. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 149(2), 131–40. doi:10.1016/j.envpol.2007.01.044
- Xu, X., Yang, H., Chen, A., Zhou, Y., Wu, K., Liu, J., ... Huo, X. (2012). Birth outcomes related to informal e-waste recycling in Guiyu, China. *Reproductive toxicology (Elmsford, N.Y.)*, 33(1), 94–8. doi:10.1016/j.reprotox.2011.12.006

- Xue, M., Li, J., & Xu, Z. (2013). Management strategies on the industrialization road of state-of-the-art technologies for e-waste recycling: the case study of electrostatic separation--a review. *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 31(2), 130–40. doi:10.1177/0734242X12465464
- Yang, Q., Qiu, X., Li, R., Liu, S., Li, K., Wang, F., ... Zhu, T. (2013). Exposure to typical persistent organic pollutants from an electronic waste recycling site in Northern China. *Chemosphere*, 91(2), 205–11. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.12.051
- Zhang, K., Schnoor, J. L., & Zeng, E. Y. (2012). E-waste recycling: where does it go from here? *Environmental science & technology*, 46(20), 10861–7. doi:10.1021/es303166s
- Zhang, Q., Zhou, T., Xu, X., Guo, Y., Zhao, Z., Zhu, M., ... Huo, X. (2011). Downregulation of placental S100P is associated with cadmium exposure in Guiyu, an e-waste recycling town in China. *The Science of the total environment*, 410-411, 53–8. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.09.032
- Zheng, L., Wu, K., Li, Y., Qi, Z., Han, D., Zhang, B., ... Huo, X. (2008). Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an e-waste recycling town in China. *Environmental research*, 108(1), 15–20. doi:10.1016/j.envres.2008.04.002
- Zhu, Z., Han, Z., Bi, X., & Yang, W. (2012). The relationship between magnetic parameters and heavy metal contents of indoor dust in e-waste recycling impacted area, Southeast China. *The Science of the total environment*, 433, 302–8. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.06.067