

Reciclaje de ordenadores

DAVID ARADILLA ZAPATA, RAMÓN OLIVER PUJOL Y FRANCESC ESTRANY CODA

Los residuos informáticos crecen de forma acelerada y el 90% de ellos acaba en un vertedero, por lo que es necesario mejorar su reciclaje y adoptar medidas preventivas



Introducción

Una fracción de los residuos urbanos que genera la sociedad corresponde a los residuos tecnológicos. Los residuos tecnológicos se clasifican en tres líneas, denominadas mediante colores:

1. *Línea blanca*: frigoríficos, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
2. *Línea marrón*: televisores, equipos de música, vídeos.
3. *Línea gris*: equipos informáticos (teclados, PC, ratones) y teléfonos móviles.

La *línea gris* corresponde a la fracción de residuos electrónicos que presenta un mayor crecimiento respecto a los otros residuos urbanos. Actualmente la basura electrónica representa el 5% de los residuos sólidos urbanos de todo el mundo, casi la misma cantidad que todos los envases de plástico. La repercusión de este crecimiento de residuos ya no implica sólo a países industrializados sino que afecta a los países en vías de desarrollo donde la generación de residuos electrónicos alcanza la cifra de 15 millones de toneladas al año. Se estima que en el mundo se generan entre 30 y 50 millones de toneladas de residuos electrónicos al año, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. España genera al año entre 100.000 y 160.000 toneladas de basura electrónica doméstica. Si a esa cantidad se le añaden los residuos que producen el sector de la electrónica, el resto de la industria y los establecimientos comerciales, se alcanza la cifra de 200.000 toneladas de desperdicios electrónicos al año. Se prevé que tales cifras aumenten un 18% de aquí al año 2020. La producción de estos desechos electrónicos se conoce internacionalmente como *e-waste*, término usado para describir las aplicaciones electrónicas que han llegado al final de su vida útil. En este trabajo se profundizará en los residuos electrónicos generados de la línea gris, concretamente en el tema de ordenadores, ya que se trata de un tema con un elevado impacto social y ambiental.

Y no se trata sólo de PC o aparatos de televisión: teléfonos celulares, monitores, equipos de comunicaciones, placas de computadoras, de controles automáticos, equipos de terapia médica, todos serán alguna vez residuos. La peligrosidad potencial para el medio ambiente de algunos de sus componentes potencialmente peligrosos (CPP) exige un tratamiento correcto y especializado de los mismos, ya sea mediante reutilización o reciclado.

¿Por qué reciclar ordenadores?

La tendencia actual establece un mayor consumo de ordenadores que origina un incremento vertiginoso de los residuos electrónicos (*e-waste*), residuos que, además, contienen sustancias químicas tóxicas y metales pesados que no pueden ser eliminados de cualquier forma dado su impacto medioambiental. Muchos dispositivos electrónicos actuales contienen piezas de plomo, cadmio, cromo o mercurio. Los metales constituyen el núcleo principal de los residuos electrónicos. Reutilizar metales permite ahorrar su proceso de extracción, una de las fases más agresivas con el medio ambiente dentro de la producción de este material. Para recuperarlos se necesita menos energía (10% menos, por ejemplo, en el caso del cobre) y se generan menos desechos. A continuación (*figura 2*) se muestra varios de los elementos que se encuentra en un ordenador:

Las sustancias químicas que contienen la mayoría de estos aparatos son liberadas a la atmósfera con el paso del tiempo y pueden provocar graves efectos tanto en la salud humana como en el medio ambiente. El cadmio que contiene una sola pila podría contaminar 600.000 litros de agua. La toxicidad de elementos como éste, el plomo o el mercurio es responsable de problemas respiratorios y cancerígenos, así como de deficiencias en el sistema respiratorio. De no adoptar las medidas adecuadas, con el tiempo agravará también los efectos del calentamiento global.

Se trata de un problema ambiental que crece día a día, pero sólo se recicla una décima parte. Sin embargo, la actual tecnología permite reciclar y reutilizar el 90% de estos residuos.

La mayor parte de los componentes son separables por medios mecánicos y se calcula que el 70% de cada dispositivo puede ser convertido en materias primas aprovechables. Sólo los productos metálicos superan este índice, con un 90% de volumen reciclable. Muchos de los materiales utilizados en electrónica (cobre, oro, plata o aluminio) son valiosos por sí mismos, al no resultar abundantes en estado natural.

El problema al que se enfrenta el reciclaje de la electrónica es la falta de una infraestructura de tratamiento adecuada (*figura 3*).

Residuos informáticos

Actualmente existen tres problemas medioambientales relacionados con la fabricación de ordenadores: el uso de

muchas sustancias tóxicas en el proceso de producción, un consumo muy elevado de agua y energía, y el gran volumen de residuos (también tóxicos) que generan.

La basura informática representa un 20% del volumen de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos, gran parte de la basura informática corresponde a la microinformática (PC, impresoras y accesorios). La basura microinformática tiene bajas pero crecientes penetraciones en el mundo, además de tener ciclos de vida y renovaciones cortas.

La basura electrónica presenta un 25% recuperable (partes), 72% reciclable (materiales): plásticos, metales ferrosos, aluminio, cobre, oro, níquel y estaño en las placas, y finalmente un 3% de residuos contaminantes: plomo, mercurio, berilio, selenio, cadmio, cromo, sustancias halogenadas, CFC, PVC, bifenilos policlorados.

Los materiales más abundantes en un ordenador (*tabla 1*) son plásticos, acero, silicio, aluminio y cobre. Pero en la fabricación de los chips y las placas se utilizan hasta un millar de sustancias químicas, algunas de ellas muy contaminantes y conocidos cancerígenos.

Una de las sustancias problemáticas son los retardantes de llama con que la ley obliga a cubrir los circuitos impresos, los cables y las carcasas para hacerlos poco inflamables. Los usados más habitualmente son halogenados: contienen bromo o flúor, lo que causa que durante la fabricación, el vertido o la incineración de los ordenadores se liberen dioxinas y otros contaminantes en el medio.

También se utilizan metales pesados, sobre todo plomo, cadmio y mercurio. El plomo se utiliza para soldar los chips a las placas, y en las pantallas de rayos catódicos (las que no son planas) para absorber una parte de las radiaciones electromagnéticas que generan las pantallas. El cadmio y el mercurio también se utilizan en dichas pantallas. Durante el uso de los ordenadores no estamos expuestos a dichos elementos, pero se convierten en un peligro cuando se liberan al medio durante la fabricación y al tirar el ordenador.

Durante la fabricación de los chips se emiten al aire perfluorocarbonos (PFC), que son gases que permanecen durante mucho tiempo en la atmósfera y contribuyen al efecto invernadero. Forman parte de los productos cuya emisión se acordó reducir en el Protocolo de Kyoto para frenar el cambio climático.

RESUMEN

El periodo de vida útil de los equipos informáticos es cada vez más reducido, motivado por los cambios tecnológicos y las ofertas del sector, lo que genera una gran cantidad de residuos. Los residuos electrónicos presentan sustancias potencialmente peligrosas, por lo que son un problema ambiental importante. En este trabajo se plantea evaluar la situación actual de la gestión de estos residuos (línea gris) y su posible reciclaje.

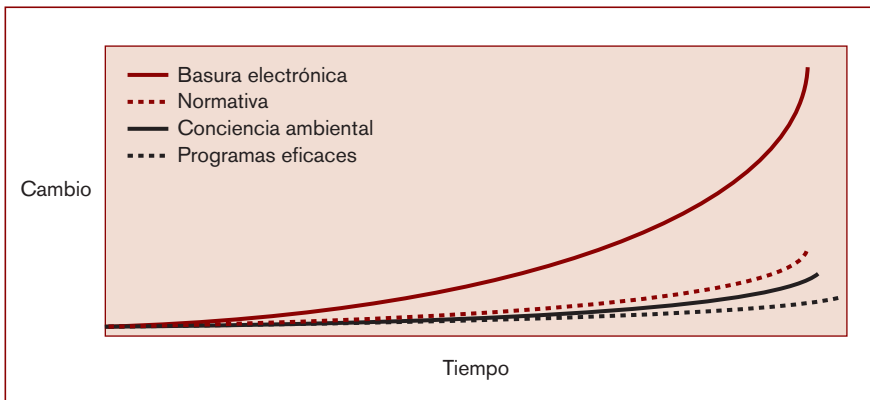


Figura 1. Representación gráfica de la evolución de los residuos informáticos y sus consecuencias respecto al tiempo.

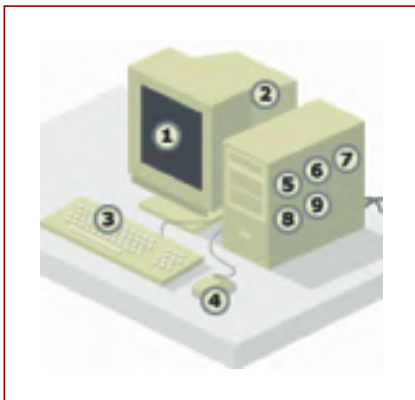


Figura 2. Representación de los principales compuestos contaminantes de un ordenador:

1. Plomo en tubos de rayo catódico y soldadura
2. Arsénico en tubos de rayo catódico más antiguos
3. Trióxido de antimonio como retardante de fuego
4. Retardantes de llama polibromados en las cubiertas, cables y tableros de circuitos
5. Selenio en los tableros de circuitos como rectificador de suministro de energía
6. Cadmio en tableros de circuitos y semiconductores
7. Cromo en el acero como anticorrosivo
8. Cobalto en el acero para estructura y magnetividad
9. Mercurio en interruptores y cubiertas

Otras sustancias tóxicas que utilizan los ordenadores son arsénico, benceno, tolueno y cromo hexavalente. Las carcasas se suelen proteger con pinturas que contienen disolventes orgánicos; durante la aplicación se liberan compuestos orgánicos volátiles, que provocan que se acumule ozono en las capas bajas de la

atmósfera. El ozono al nivel del suelo causa problemas respiratorios y dificulta el crecimiento normal de los vegetales. Por otro lado, los cables suelen ser de PVC.

Los componentes de un equipo informático se clasifican en cuatro grandes grupos:

1. Laptop → Ordenador portátil
2. Desktop → Ordenador de escritorio
3. CRT → “Cathode ray tube monitors” (monitores con tubos de rayos catódicos)
4. LCD → “Liquid crystal display or flat screens” (cristal líquido para pantallas).

El gráfico de la *figura 4* muestra que el volumen de la obsolescencia es enorme

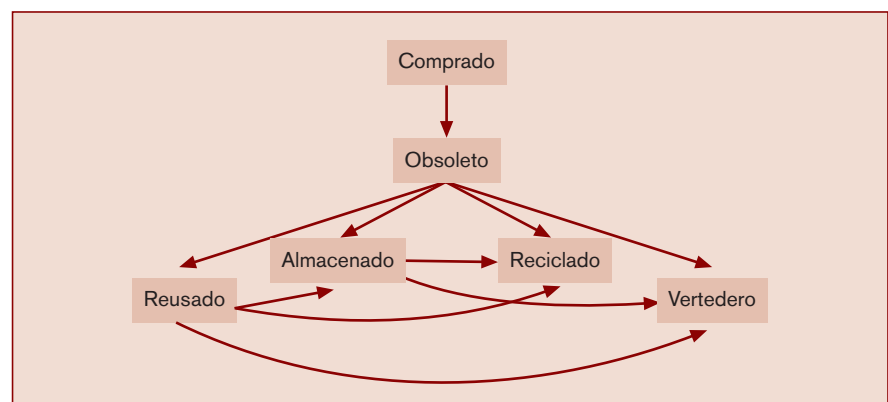
tanto en los países desarrollados (Estados Unidos, Japón, Alemania, Inglaterra) como también en los países en desarrollo (China, Corea, Brasil, India y México). Por tanto, no sólo se observa la emergencia de nuevos actores de la industria en Asia (China, Corea e India) sino que sufren de los mismos efectos de la obsolescencia tecnológica. Se observa el espectacular crecimiento de los residuos informáticos. Otro dato importante que se deriva de este gráfico es que cada año se generan 118 millones de ordenadores obsoletos en el mundo que constituyen el 49,72% de los PC nuevos. Por consiguiente, de las grandes cantidades de desechos electrónicos que son producidos anualmente como consecuencia del elevado consumo de ordenadores, un amplio porcentaje se destina a reutilización y una pequeña fracción al reciclaje.

Se entiende como concepto de reutilización la donación de equipo funcional para uso por escuelas, población en desventaja o en otros países. En cambio, en el reciclado, el producto lo desarma para recuperar materiales primarios y reintroducir éstos en otra cadena productiva. Esto último puede hacerse con cualquier equipo, incluso con aquellos que aún son utilizables.

La gráfica de la *figura 5* muestra que los países en desarrollo han duplicado su producción en una década, lo que ha provocado que la generación de dichos residuos ya no se establezca en un ámbito localizado, sino que se trata de una cuestión global, es decir, se ha producido un desplazamiento del centro de la producción mundial. Actualmente China y Corea lideran la tendencia.

Este acelerado proceso de almacenamiento de residuos electrónicos ha enfrentado a los países desarrollados (PD) con la necesidad de tomar acciones que

Figura 3. Ciclo de vida de un teléfono móvil o de un ordenador.



Nombre	Contenido (% peso total)	Eficiencia reciclaje	Uso/localización
plásticos	22,9907	20,00%	includes organics, oxides other than silica
plomo	6,2988	5,000%	metal joining, radiation shield/CRT, PWB
aluminio	14,1723	80,00%	structural, conductivity/housing, CRT, PWB, conectors
germanio	0,0016	0,00%	semiconductor/PWB
galio	0,0013	0,00%	semiconductor/PWB
hierro	20,4712	80,00%	structural, magnetivity/(steel) housing, CRT, PWB
estaño	1,0078	70,00%	metal joining/PWB, CRT
cobre	6,9287	90,00%	conductivity/CRT, PWB, conectors
bario	0,0315	0,00%	getter in vacuum tube/CRT
níquel	0,8503	80,00%	stuctural, magnetivity/(steel) housing, CRT, PWB
cinc	2,2046	60,00%	battery, phosphor emitter/PWB, CRT
tantalio	0,0157	0,00%	capacitors/PWB, power supply
indio	0,0016	60,00%	transistor, rectifiers/PWB
vanadio	0,0002	0,00%	red phosphor emitter/CRT
terbio	0,0000	0,00%	green phosphor activator, dopan/CRT, PWB
berilio	0,0157	0,00%	thermal conductivity/PWB, conectors
oro	0,0016	99,00%	connectivity, conductivity/PWB, conectors
europio	0,0002	0,00%	phosphor activator/PWB
titanio	0,0157	0,00%	pigment, alloying agent/(aluminum) housing
rutenio	0,0016	80,00%	resistive circuit/PWB
cobalto	0,0157	85,00%	structural, magnetivity/(steel) housing, GRT, PWB
paladio	0,0003	95,00%	connectivity, conductivity/PWB, conectors
manganeso	0,0315	0,00%	structural, magnetivity/(steel) housing, GRT, PWB
plata	0,0189	98,00%	conductivity/PWB, conectors
antimonio	0,0094	0,00%	diodes/housing, PWB. CRT
bismuto	0,0063	0,00%	wetting agent in thick film/PWB
cromo	0,0063	0,00%	decorative, hardener/(steel) housing
cadmio	0,0094	0,00%	battery, blu green phosphor emitter/housing PWB, CRT
selenio	0,0016	70,00%	rectifiers/PWB
niobio	0,0002	0,00%	welding allow/housing
itrio	0,0002	0,00%	red phosphor emitter/CRT
rodio	0,0000	50,00%	thick film conductor/PWB
platino	0,0000	95,00%	thick film conductor/PVVB
mercurio	0,0022	0,00%	batteries, switches/housing, PWB
arsénico	0,0013	0,00%	doping agents in transistors/PWB
silicio	24,8803	0,00%	glass, solid state devices/CRT, PWB

Tabla 1. Composición de los elementos en un ordenador personal típico.

controlen, prevengan, limiten y corrijan los impactos medioambientales a través de mecanismos de regulación, reglamentación, normatividad y estandarización de los aspectos legales y comerciales involucrados.

Datos sobre los residuos electrónicos de los ordenadores

1. Actualmente se venden 130.000.000 de ordenadores al año en el mundo. Hasta abril del año 2002 se han vendido mil

millones de PC, desde que IBM puso en el mercado el primer PC en el año 1981.

2. El sector dedicado a la fabricación de aparatos electrónicos crece rápidamente y constantemente lanza nuevos productos que mejoran los introducidos en el mercado unos meses antes. El tiempo de vida de los ordenadores personales se está encogiendo considerablemente: mientras que en 1997 se cifraba alrededor de cinco años, se estima que en el 2010 será de tan sólo dos años.

3. La producción de los residuos electrónicos crece tres veces más rápido que la media de los residuos urbanos. Concretamente, el volumen de chatarra informática crece entre un 16% y un 28% cada cinco años.

4. El 90% de los equipos informáticos viejos acaban en los vertederos, después de haber sido tirados a un contenedor o abandonados en la calle, o se depositan en chatarrerías.

5. Actualmente, los PC obsoletos en

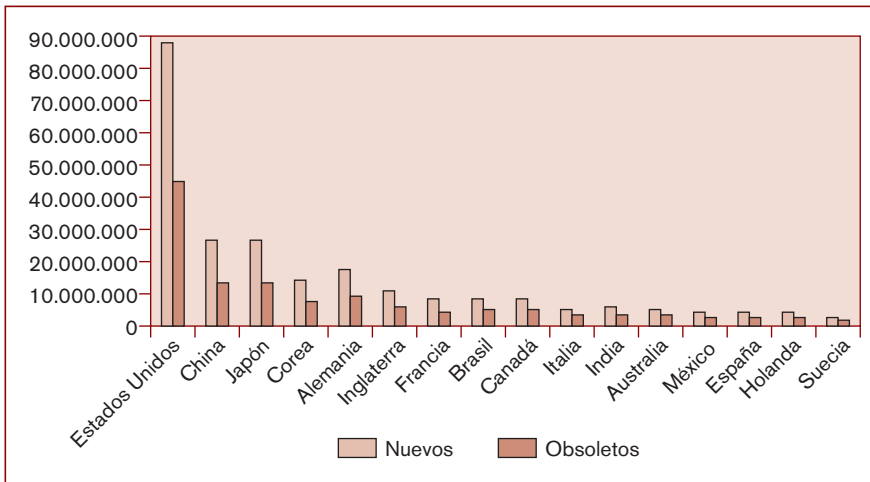


Figura 4. Número de PC nuevos y obsoletos en los principales países en el año 2005.

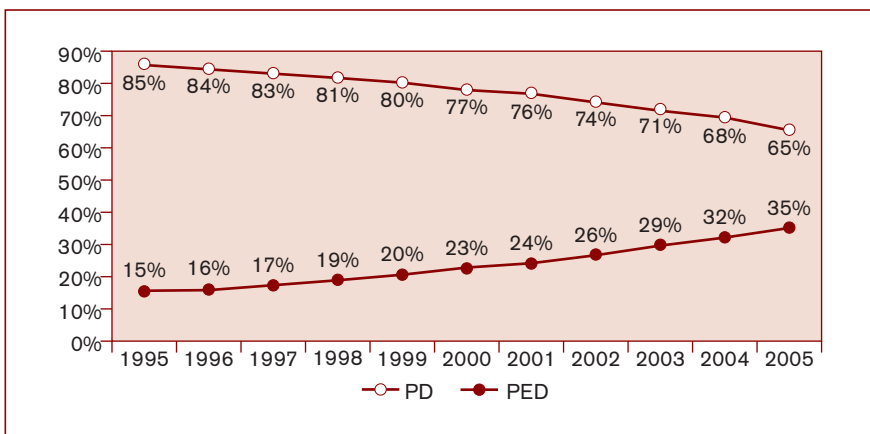


Figura 5. Volumen histórico de PC a nivel mundial; comparación entre países desarrollados (PD) y países en desarrollo (PED)

EE.UU. ocupan 5,7 millones de m³ (el equivalente a un campo de fútbol de 1,5 km de altura).

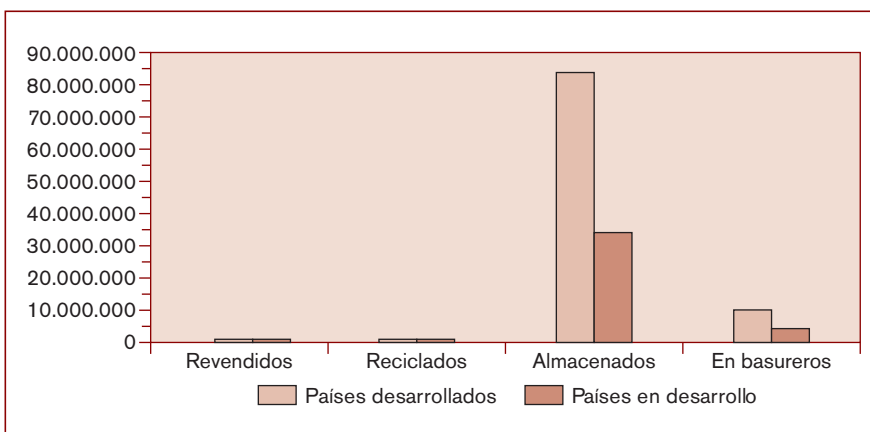
6. En el 2005 la basura electrónica ya representa casi el 5% de todos los residuos generados por la Unión Europea. Solamente en España se generan cada año 200.000 toneladas de basura electrónica. Sólo reciclar los ordenadores que

se amontonan hoy en los vertederos europeos llevaría unos 10 años.

7. Un estudio realizado entre los trabajadores que desmontan ordenadores en Suecia ha encontrado que tienen una concentración de bromo en la sangre 65 veces superior a lo normal.

8. Un programa piloto de recogida de basura electrónica en California estimó

Figura 6. Comparación del volumen de PC revendidos, reciclados, almacenados y en basureros en PD y PED en 2005.



que es 10 veces más barato enviar en barco monitores CRT a China que reciclarlos en los EE.UU.

Procedimiento actual del reciclaje informático

Esta acumulación creciente de *e-waste* en el mundo ha llevado a los países desarrollados al siguiente diagnóstico: la acumulación de metales ferrosos y no ferrosos (aluminio, cobre, bronce, acero inoxidable, plomo), los plásticos, el vidrio y el cinc que se encuentran en la basura electrónica son todos reciclables. Sin embargo, como se puede observar en la figura 6, sólo el 11% del *e-waste* del mundo se recicla (NSC, 1999). Una de las principales razones es que aún resulta muy caro reciclar, debido a que la industria no diseña productos fáciles de reciclar, la basura que se acumula contiene bastante material tóxico, no existe un sistema de clasificación y destino final, no existe infraestructura, no existen incentivos a la producción de componentes con estándares medioambientales, etc. Por tanto, sólo una pequeña parte del volumen mundial de *e-waste* se recicla.

A partir del diagrama circular mostrado en la figura 7 se observa que el 80% de los ordenadores se almacenan de forma domiciliar generando un problema social. En España, por ejemplo, el 55% de las personas ignora la existencia de puntos limpios o no sabe dónde se encuentra. Así, los muchos aparatos acaban aparcados en casa o en el basurero, a pesar de que en el manual de instrucciones siempre aparece un cubo tachado.

Un porcentaje, correspondiente al 10%, se destina al reacondicionamiento (figura 8) más que para el reciclaje. Finalmente, tan sólo el 1% de los ordenadores se recicla.

Trece países, la mayoría europeos, ya aprobaron normas que prevén la obligación de reciclar los ordenadores. En este aspecto, la directiva *Wastes from Electrical and Electronic Equipment* de la Unión Europea hace responsables a las empresas de electrónica de deshacerse de sus productos una vez los usuarios ya no los quieren. Se estima que para ello el coste medio a añadir al precio de producción de un equipo ronda los 90 euros.

Pero gran parte de los residuos informáticos (se calcula que el 80% en el caso de EE.UU. y el 60% en el caso de Europa) se envían a países en vías de desarrollo, donde los materiales contaminantes acaban en campos y costas, ensuciando aguas y suelos, cultivos, animales y agua potable. El año 2002 se traslada-

ron a Asia entre 6 y 10 millones de ordenadores obsoletos.

Las regiones más ricas del planeta, el llamado primer mundo, están haciendo caso omiso del *Convenio de Basilea* de las Naciones Unidas, que desde 1989 prohíbe la exportación de residuos peligrosos de las naciones ricas a las pobres bajo cualquier pretexto, incluyendo el reciclaje. Hasta la fecha, Estados Unidos es el único país industrializado que no ha ratificado dicho convenio.

Así, las regiones más pobres de Asia (principalmente China, India y Pakistán) se están convirtiendo en las colonias-vertedero de residuos tóxicos del resto del planeta, donde la gente más pobre se expone a envenenamientos intentando extraer los diferentes metales y componentes mediante tecnología medieval y sin ningún respeto hacia el medio ambiente, por un mísero salario de 1,5 dólares diarios

En los países del Norte de Europa el reciclaje se realiza en plantas específicas bajo estrictas condiciones que permiten el aprovechamiento de hasta un 90% de la basura tratada. Esto supone más oportunidades que pérdidas eco-

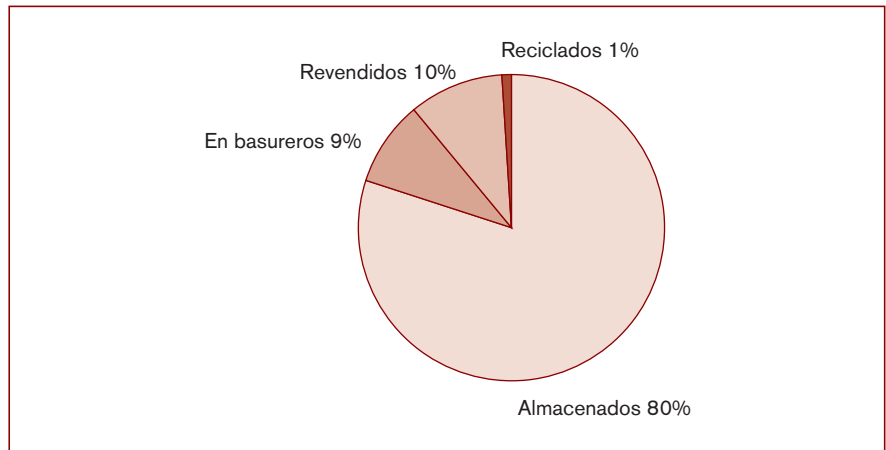


Figura 7. Situación actual del reciclaje informático.

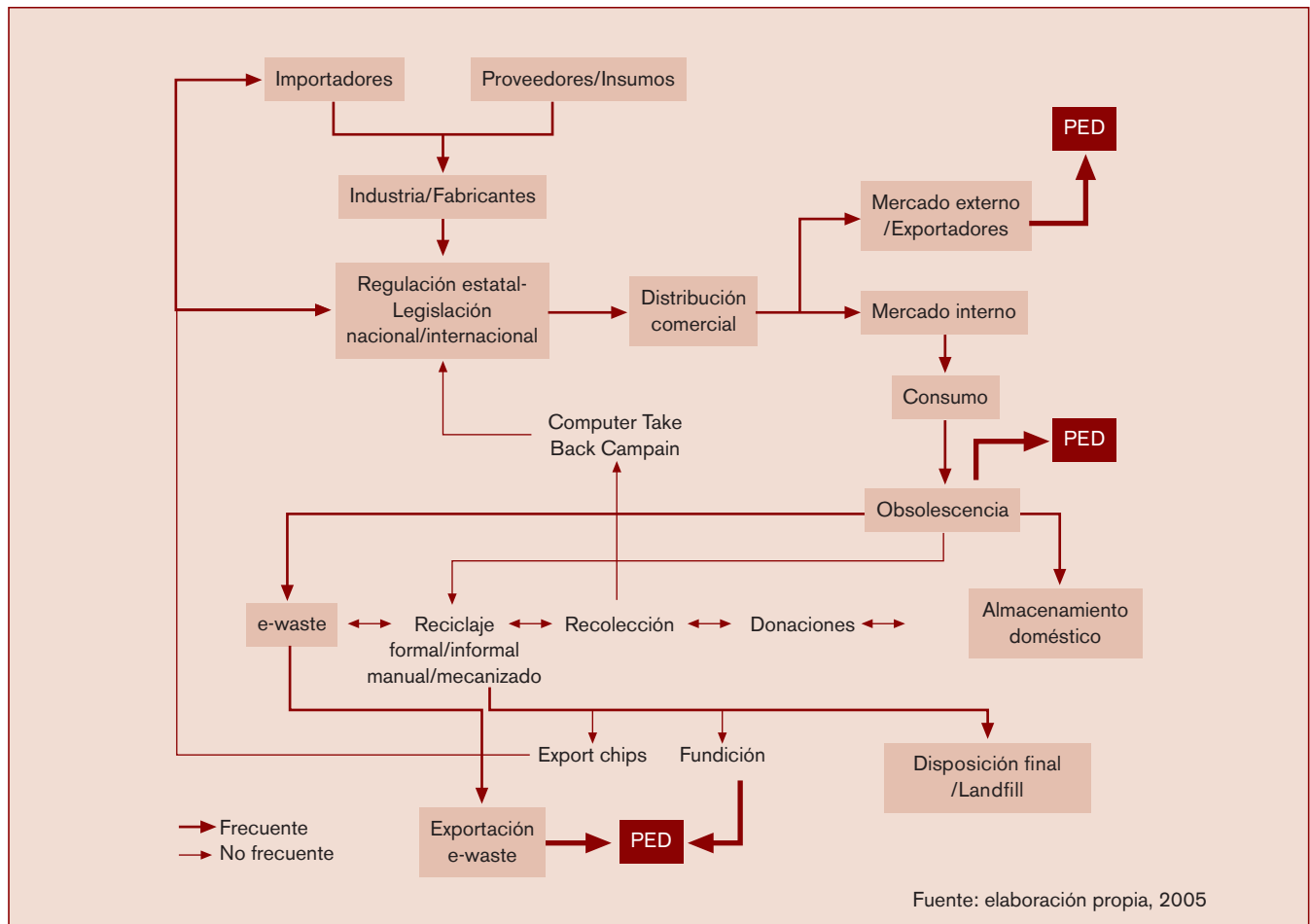
nómicas. El uso de materiales reciclados ahorra al menos un 60% de la energía necesaria para producir los nuevos.

Pero, sin duda, el circuito conocido como las 3R (reducir, reutilizar, reciclar) es el idóneo. Una manera de reutilizar consiste en desarmar los equipos, reemplazar las piezas desgastadas, pintarlas y restaurarlas para que cumplan las expectativas de un modelo nuevo. También los equipos usados son desguazados, se cla-

sifican las partes aprovechables como repuestos y el material restante se recicla. Las partes plásticas de las impresoras, por ejemplo, pueden llegar a transformarse en la parte externa de un disquete o hasta en cubiertos de plástico. El diagrama de flujos de la *figura 9* resume el proceso global de reciclado.

Actualmente la industria del reciclado de ordenadores presenta el siguiente diagrama de flujos:

Figura 8. Reacondicionamiento de ordenadores en países desarrollados (PD).



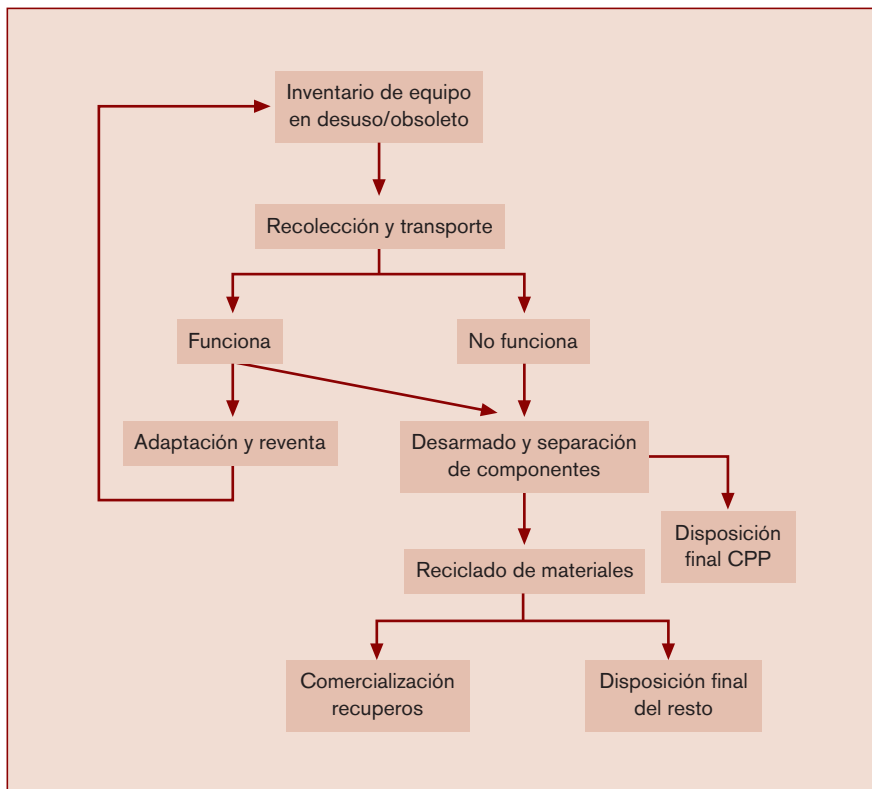


Figura 9. Esquema de la industria del reciclado de componentes electrónicos.

1. Retirar el equipo descartado. Tarea a cargo de transportes habilitados.
2. Identificar los equipos susceptibles de una eventual reutilización. Los que funcionen, pueden intentar comercializarse, aunque, si la ecuación económica es favorable, pueden destinarse al desarmado y reciclado.

3. Desmontaje manual y retirado de los componentes potencialmente peligrosos (CPP) para evitar que puedan contaminar los productos recuperables y el entorno. Los CPP se envían a gestores especializados.

4. Revalorizar las fracciones obtenidas, mediante procesos que permitan recuperar hierro, aluminio, cobre, metales preciosos y determinados plásticos, los cuales se devuelven al circuito económico en forma de materias primas secundarias. Estos procesos pueden ser la incineración/fundido/refinado (metales), o bien procesos químicos de extracción de metales preciosos

La eficacia de un programa de reciclado depende, básicamente, de los siguientes factores:

1. De los consumidores: de su respuesta a los programas, la cual es función de su grado de conciencia y de su responsabilidad medioambiental.
2. Del servicio de recogida y reciclado.
3. Logística de recogida, cantidad de puntos limpios, etc.

4. Eficiencia de los procesos de reciclado.

5. Del tipo de aparato electrónico. Cada aparato posee un índice característico de reciclabilidad. Para poder reciclar el 100% de un aparato electrónico es necesario que sea posible separar cada uno de los materiales que lo integran de todos los demás. Y, además de ello, es preciso que esta separación no exija tantos recursos que encarezca excesivamente el proceso de desmontaje como que los materiales que se obtengan sean valorizables.

En consecuencia, el grado de reciclabilidad vendrá determinado por:

1. Número de elementos que constituyen el aparato.
2. Variedad de sus materiales.
3. Marcado o no de los plásticos.
4. Tamaño de los elementos.
5. Tipo de uniones entre los elementos.
6. Proporción de metales en el equipo (por ser fácilmente separables y reciclables).
7. Sustancias peligrosas que contiene.
8. Horas de manipulación manual que precisa el equipo.
9. Barreras de diseño (obstáculos y dificultades para el desmontaje).
10. Aditivos, colorantes, textiles, etc. Añadidos a los materiales.

11. Aplicaciones y mercados existentes para los materiales reciclados

Sin embargo, el reciclaje como se ha podido observar sigue siendo la opción menos empleada por los países industrializados, amparándose en otro tipo de sistemas (incineración, basureros, reutilización, exportación).

Ventajas e inconvenientes del reciclaje informático

Ventajas del reciclaje informático

1. Evitar que las sustancias peligrosas, tales como plomo, mercurio y cadmio, lleguen a los vertederos.

2. Disminuir el volumen de residuos que llegan a los vertederos, evitando que éstos se saturen en su capacidad.

3. Ayuda a preservar los recursos naturales, evitando la sobreexplotación y degradación medioambiental de los yacimientos de materias primas. A través del reciclaje de ordenadores se permite separar ciertos componentes que pueden reutilizarse como la plata, oro y cobre, si se someten a un proceso correcto.

4. Permite obtener las materias primas con menor consumo de energía y con menor impacto ambiental que si se extrajeran de sus yacimientos naturales. La obtención de un material reciclado puede suponer un ahorro energético comprendido entre un 70% y un 95% respecto a la energía que se precisa para su nueva extracción.

A diferencia de otros residuos generados en las grandes ciudades, sólo el 11% de este material se recicla, frente al 28% de otro tipo de basuras. Si se lograra reciclar el 70% de estos desechos, se podrían recuperar más de 90.000 toneladas de metales, 30.000 toneladas de plásticos y 13.000 toneladas de vidrio.

Inconvenientes del reciclaje informático

1. Hay que tener en cuenta que el reciclado de sustancias peligrosas siempre da lugar a residuos y emanaciones, aunque se haga en óptimas condiciones y con las mejores técnicas. Por ello, en el caso de sustancias peligrosas, el reciclado es un mal menor.

2. El aspecto económico resulta un hándicap en muchas ocasiones, ya que frecuentemente resulta más rentable llevar a cabo la exportación o almacenamiento de estos residuos en países en vías de desarrollo que no el propio reciclaje.

Normativas sobre el reciclaje informático

En Europa, las directivas RoHS y WEEE intentan tratar la problemática de los resi-

duos electrónicos amparadas en el *Convenio de Basilea* donde más de 120 países se comprometieron a garantizar un control exhaustivo de las exportaciones y de la eliminación de residuos. Entre los puntos que se acordaron en dicha convención cabe destacar:

1. Reducir al mínimo la generación de desechos.
2. Establecer instalaciones adecuadas de eliminación.
3. Reducir al mínimo la importación y exportación de desechos.

El *Convenio de Basilea* de la ONU prohíbe exportar desechos eléctricos y electrónicos de manera descontrolada a países empobrecidos. Entró en vigor en 1992 y está ratificado por 134 países, entre los que no está Estados Unidos, el mayor exportador de basura electrónica. Pero los ratificantes siguen exportando basura electrónica de forma ilegal.

Además, muchos países europeos han adoptado legislaciones encaminadas a una gestión responsable de sus residuos, dentro de la Directiva Europea sobre Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

WEEE

La Directiva WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), o de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), 2002/96/CE, está en vigor desde el 13 de agosto del 2005. Pretende promover el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de estos equipos para reducir su contaminación.

Al contrario que la directiva RoHS, que es una directiva de “mercado único” –es decir, se aplica a todos los Estados miembros y debe implantarse de la misma manera en todos ellos evitando de esta forma barreras burocráticas–, la directiva WEEE no lo es, sino que establece unos criterios mínimos que los Estados miembros deben implementar en su legislación nacional, e incluso pueden sobrepasarlos.

En España, ambas han sido transpuestas al mismo Real Decreto, el R.D. 208/2005.

La Directiva WEEE, en aplicación del principio “quien contamina paga”, responsabiliza a los productores de asumir los costes de gestión de los residuos generados, aunque ello suponga el pago de una tasa de reciclaje por parte del consumidor cuando adquiera el producto eléctrico o electrónico. Si el fabricante está obligado a asumir estos costes al final del ciclo de vida del producto, esto le

obliga a replantearse la etapa de diseño con el fin de adaptarla a los requisitos de gestión de residuos y de este modo reducir dichos costes posteriores.

RoHS

La RoHS (Restriction of use of certain Hazardous Substances) es una Directiva de la UE la cual restringirá el uso de seis materiales peligrosos en la fabricación de equipos eléctricos y electrónicos. Su nombre exacto es 2005/618/CE. Entró en vigor el 1 de julio del 2006. Las sustancias restringidas en cuestión son: plomo, mercurio, cadmio, cromo VI, PBB y PBDE (PBB y PBDE: sustancias retardantes de las llamas usadas en algunos plásticos).

Las concentraciones máximas fijadas mediante la enmienda 2005/618/CE son:

1. 0,1% para plomo, mercurio, cromo VI, PBB y PBDE del peso en materiales homogéneos.
2. 0,01% para cadmio del peso de material homogéneo.

Conclusiones

El residuo electrónico ha experimentado un crecimiento espectacular en la última década no sólo en los países desarrollados sino también en los países en vías de desarrollo. La creciente generación de estos residuos, dadas sus repercusiones ambientales, ha puesto la voz de alarma en la sociedad. Por ello, desde los últimos años se han implantado políticas y protocolos para intentar paliar esta creciente demanda de residuos. Sin embargo, a pesar de las buenas intenciones la realidad describe un panorama bastante desolador, ya que en la actualidad tan sólo se recicla una décima parte de los residuos informáticos siendo la exportación y el vertedero las opciones que más adeptos ganan entre los países.

El reciclaje de los residuos electrónicos abarca un gran abanico de posibilidades en lo que se refiere a su gestión, ya que por un lado permite reducir el volumen de residuos, recupera parte de los materiales empleados y evita que parte de los elementos perjudiciales medioambientales queden sin control. No obstante, los países recelan bastante de este modelo, ya que la manipulación de sustancias tóxicas (aunque se tomen las medidas adecuadas) resulta peligrosa. Por otro lado, se encuentra el aspecto económico, ya que en muchos casos sale más a cuenta –a EE.UU. le resulta 10 veces más barato enviar en barco monitores CRT a China que reciclarlos él mismo– enviar los residuos electrónicos a países

en vías de desarrollo que reciclarlos en el propio país.

En nuestra opinión, la verdadera solución se encuentra en la prevención, en el rediseño de los aparatos, de modo que no contengan dichas sustancias peligrosas. Plantear el reciclado como una solución lo consideramos una equivocación; la solución definitiva no se encuentra en el reciclado de los residuos ya producidos, sino en producir menos cantidad de residuos y que éstos sean menos peligrosos. Por otra parte, la consideración de que el reciclado es siempre mejor que el envío a vertederos es sólo cierta en el caso de que el reciclado se lleve a cabo en condiciones idóneas, ya que realizado inadecuadamente da lugar a la generación incontrolada de emanaciones y residuos tóxicos.

Bibliografía

- Kang, H.-Y. and J. M. Schoenung (2006). “Estimation of future outflows and infrastructure needed to recycle personal computer systems in California.” *Journal of Hazardous Material*.
- Matthews, H. S., F. C. McMichael, et al. (1997). *Disposition and End-of-Life Options for Personal Computers*. Carnegie Mellon Green Design Initiative technical report 97-10. Pittsburgh, PA, Carnegie Mellon University.
- Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. U. Nations, Secretariat of the Basel Convention.
- CONAMA. (2007). “Gestión de Residuos Sólidos.” from <http://www.conama.cl/portal/1301/article-34647.html>.
- Microelectronics and Computer Technology Corporation, M. (1996). “Electronics Industry Environmental Roadmap.”
- Worldbank. (2007). “Key Development Data & Statistics.” from www.worldbank.org.
- Seremisalud. (2007). “Normativas.” from <http://www.seremisaludm.cl/sitio/pag/residuos/indexjs3residuosnorm001.asp>.
- ISI (2006). *Indicador de la Sociedad de la Información. Situación de las Tecnologías de la Información en Argentina, Brasil, Chile y México*, Everis.
- CNC (2004) *Mercado de Computadores Personales y Servidores. 2000 - 2004*, Cámara Nacional de Comercio www.rttic.net

AUTORES

David Aradilla Zapata

Ingeniero técnico Industrial por la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (U.P.C.).

Ramón Oliver Pujol

Catedrático de la Unidad de Química Industrial de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (U.P.C.).

Francesc Estrany Coda

Profesor titular de la Unidad de Química Industrial de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona (U.P.C.).