

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR
PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y
SIMILARES**



ING. LUIS HERNANDO MONTOYA ARMENTA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2007**

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR
PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y
SIMILARES**



ING. LUIS HERNANDO MONTOYA ARMENTA

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA
AMBIENTAL**

DIRECTOR

ING. LUIS ENRIQUE RAMÍREZ JARAMILLO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2007**

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Este trabajo está dedicado con toda sinceridad y amor a Dios, por permitirme el logro de una nueva meta.

A mi querida Familia, quienes son el motivo de mi esfuerzo, por el respaldo y paciencia puestos en mi.

A Esperanza, siempre conté con su apoyo para este logro.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

TABLA DE CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. GENERAL.....	6
1.3.2. ESPECÍFICOS.....	6
1.4 MARCO DE REFERENCIA.....	7
1.5 MARCO LEGAL.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	20
3. METODOLOGÍA.....	29
4. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA RESIDUOS ELECTRÓNICOS.....	32
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES Y EFECTOS AMBIENTALES.....	33
4.2 GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	52
4.2.1 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN.....	52
4.2.2 LINEAMIENTOS DE POLÍTICA.....	52
4.2.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS.....	57

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

4.2.3.1 Fase de Evaluación.....	57
4.2.3.2 Fase de Divulgación.....	57
4.2.3.3 Fase de Operación.....	58
4.2.4 ESQUEMAS DE TRATAMIENTO MÁS ADECUADOS PARA LA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS GENERADOS.....	62
4.2.4.1 Donación Y Reuso.....	64
4.2.4.2 Reciclaje.....	68
5. CONCLUSIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS.....	89

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de una computadora de escritorio.....	40
Tabla 2. Materiales de preocupación para la salud en una típica computadora de escritorio.....	43
Tabla 3. Riesgos ambientales y para la salud laboral de algunos componentes computacionales.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Computador y sus partes.....	34
Figura 2. Descripción de una tarjeta de circuitos impresos.....	37
Figura 3. Ejemplo de un sistema de recolección de residuos computacionales en Bogotá.....	59
Figura 4. Esquema simplificado de recolección de residuos computacionales.....	61
Figura 5. Ciclo de manejo de residuos computacionales.....	64
Figura 6. Esquema de reacondicionamiento de equipos computacionales para su reuso	67

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Figura 7. Esquema de reciclaje de equipos computacionales.....	69
Figura 8. Proceso de desoldado.....	72
Figura 9. Separación de las distintas fracciones obtenidas en función de sus propiedades.....	73
Figura 10. Trituración de las fracciones obtenidas en función de sus propiedades.....	76
Figura 11. Concentrado metálico y concentrado de resina y fibra de vidrio.....	76
Figura 12. Resumen de tratamientos fisicoquímicos.....	80

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

TÍTULO

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES *¹

Ingeniero: Luis Hernando Montoya Armenta **²

Palabras Claves: Residuos electrónicos, contaminantes, efectos ambientales, gestión ambiental, donación y reuso, tratamiento, reciclar.

Resumen:

Esta monografía esta encaminada a presentar una propuesta para la adecuada gestión de residuos electrónicos provenientes de las computadoras y similares, proyectando estrategias reducción, recolección, reutilización, reciclaje o tratamiento y disposición final para este tipo de residuos, con el fin de lograr la minimización de los impactos en el entorno que es susceptible de afectación y plantear técnicas de aprovechamiento de los residuos para que puedan ser incorporados nuevamente al sistema económico.

La opción principal es plantear metodologías de recopilación de la información a partir de estudios internacionales, la realización de la evaluación en el ámbito local de los residuos electrónicos provenientes de las computadoras y similares en la cual se caracterizarán este tipo de residuos, identificando y valorando los impactos ambientales causados por los mismos; así mismo proyectar estrategias para generar nuevas oportunidades económicas, sociales y ambientales.

El acelerado consumo de computadores trae como consecuencia la aparición de residuos que exigen un tratamiento correcto y especializado de los mismos, ya que algunos de sus componentes pueden caracterizarse como peligrosos para el medio ambiente y la salud. Una forma de hacerle frente a esto son las alternativas de reuso, reducción, donación y reciclaje, este último permite, previo tratamiento de los componentes potencialmente peligrosos, devolver al ciclo económico materias primas como vidrio, plásticos, metales, metales preciosos, etc.

¹ Trabajo de grado

² Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Química. Director: Luis Enrique Ramírez Jaramillo

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

TITLE

**PLAN OF INTEGRAL HANDLING OF THE GENERATED RESIDUALS FOR ELECTRONIC
PRODUCTS COMING FROM THE COMPUTERS AND SIMILAR ^{*3}**

Engineer: Luis Hernando Montoya Armenta ^{4}**

Key words: Electronic residuals, pollutants, environmental effects, environmental management, donation and reuse, treatment, recycling.

Summary:

This monograph is guided to present a proposal for the appropriate management of electronic residuals coming from the computers and similar, projecting reduction strategies, gathering, reuse, recycling or treatment and final disposition for this type of residuals, with the purpose of to achieve the minimization of the impacts in the environment that is susceptible of affectation and pose technical of use of the residuals so that they can be incorporate again to the economic system.

The main option is pose methodologies of summary of the information starting from international studies, the realization of the evaluation in the local environment of the electronic residuals coming from the computers and similar in which will be characterized this type of residuals, identifying and valuing the environmental impacts caused by the same ones; likewise project strategies to generate new economic, social and environmental opportunities

The accelerated consumption of computers results in the appearance of residuals that demand a correct and specialized treatment of the same ones, since some of its components they can be characterized as dangerous for the environment and the health. A form of making him in front of this is the alternatives of reuse, reduction, donation and recycling, this last one allows, previous treatment of the components potentially dangerous, return to the cycle economic raw material like glass, plastics, metals, precious metals, etc.

³ Grade work

⁴ Industrial University of Santander. School of Chemical Engineering. Director: Luis Enrique Ramírez Jaramillo

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, se ha observado un incremento en el uso y dependencia de las computadoras. Esto nos presenta una encrucijada a la hora de decidir qué hacemos con las unidades y periféricos que por el pasar del tiempo se vuelven "obsoletas". Se ha creado un nuevo tipo de desperdicio sólido, un nuevo tipo de desperdicio que debe ser manejado de una forma diferente, debido a la diversidad de materiales que en él se encuentran.

La disposición de lo que actualmente es llamada "la compubasura" resulta un reto formidable debido a las características que este desperdicio presenta. Incluye materiales que son reciclables y que pueden ser recuperados, a la vez que posee materiales que son clasificados "obsoletos" por las agencias reguladoras. Si estos últimos fuesen dispuestos de forma inadecuada, podrían causar serios problemas ambientales, e inclusive podría amenazar la salud pública.

El principal objetivo de esta monografía es realizar un plan de manejo integral para los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares; que permita el planteamiento de alternativas de reducción, recolección, reutilización, reciclaje o tratamiento y disposición final para este tipo de residuos, que propendan en beneficio de nuestro medio ambiente nacional. En ella se plantean metodologías de recopilación de la información a partir de estudios internacionales, la realización de la evaluación en el ámbito local de los residuos electrónicos provenientes de las computadoras y similares en la cual se caracterizarán este tipo de residuos, identificando y valorando los impactos ambientales causados por los mismos.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

1. ASPECTOS GENERALES

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas dos décadas del siglo XX, el uso de productos electrónicos en el ámbito doméstico e industrial tomó una aceleración feroz. El advenimiento de la computadora personal o PC, la Internet, las transmisiones de datos y las comunicaciones inalámbricas potenciaron la industria electrónica, dándole un impulso fenomenal que ha traído como consecuencia la aparición de un nuevo tipo de residuo urbano e industrial, llamado "compubasura". Aunque la vida útil de estos equipos se estima en unos diez años, al cabo de unos tres o cuatro años ya han quedado obsoletos debido a los requerimientos de los nuevos programas y las nuevas versiones de los sistemas operativos.

Lo cierto es que adquirir un nuevo equipo informático es tan barato que se abandona o almacena un ordenador cuando éste todavía no ha llegado al final de su vida útil, para comprar otro más nuevo, desconociendo el enorme costo ecológico que implica tanto la producción como el vertido de ordenadores.

Es por eso que el aumento de los residuos de naturaleza eléctrica y electrónica es actualmente motivo de preocupación. El volumen de estos residuos crece tres veces más rápidamente que el promedio de los residuos urbanos, como mínimo a razón de un 3% a un 5% anual. Esto significa un aumento entre un 15% y un 25% en el plazo de cinco años y por tanto, que llegará a duplicarse en sólo doce años.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Es por ello por lo que los equipos electrónicos deben someterse a un tratamiento adecuado, previamente a su envío a los vertederos. En la actualidad más del 90% de estos residuos se depositan en vertederos, se incineran o se valorizan sin ningún tratamiento previo y por tanto, buena parte de los diversos agentes contaminantes que se encuentran en el flujo de residuos urbanos proceden de ellos.

A la vista de todo lo anteriormente expuesto resulta evidente el negativo impacto ambiental que pueden tener los equipos eléctricos y electrónicos cuando son desechados al final de su vida. Ello constituye una amenaza para el denominado “desarrollo sostenible”. Puede sorprender pues, que con una situación tan preocupante como la expuesta no haya sido sino, hasta hace poco tiempo, cuando las administraciones públicas de la mayor parte de los países desarrollados hayan comenzado a analizar las medidas que detengan la llegada a la naturaleza de tal cantidad de sustancias nocivas.

Desafortunadamente, aún en el momento actual, en muchas administraciones “incluyendo la nuestra”, existe una total despreocupación acerca de la realidad descrita y de la necesidad urgente de tomar medidas adecuadas, cuando en la mayor parte de los países desarrollados, las administraciones públicas, los fabricantes, los comerciantes y la ciudadanía en general, han comenzado a poner en práctica medidas destinadas a disminuir en lo posible la llegada a la naturaleza de tan gran cantidad de residuos.

En el contexto anteriormente mencionado, esta monografía esta encaminada a presentar una propuesta para la adecuada gestión de residuos electrónicos provenientes de las computadoras y similares, proyectando estrategias con el fin de lograr la minimización de los impactos en el entorno que es susceptible de afectación y plantear técnicas de aprovechamiento de los residuos para que puedan ser incorporados nuevamente al sistema económico.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

1.2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación y los residuos tóxicos son la otra cara de la moneda del desarrollo industrial. Desgraciadamente la mayoría de industrias no gestionan adecuadamente sus residuos, a no ser que su imagen se vea amenazada o corran el riesgo de ser sancionadas. Debido a esta mala gestión, los residuos tóxicos son causa de graves problemas medioambientales y de riesgos para la salud humana, aspecto que para los residuos electrónicos provenientes de las computadoras y similares, no es una excepción.

Para regular esta situación debería existir una legislación medioambiental cada día más estricta, aunque en materia de residuos electrónicos esto no se aplica con eficacia. La legislación internacional establece que los residuos que por su naturaleza no pueden ser tratados in situ deberán ser transportados a empresas autorizadas para su correspondiente tratamiento: deposición, incineración o neutralización química (reduciendo así su toxicidad). El alto costo que implica el cumplimiento de esta regulación lleva a ciertas empresas, de países industrializados, a sacar los residuos tóxicos de su territorio para verterlos en el mar, o transportarlos a países menos desarrollados.

Desafortunadamente, aún en el momento actual, en muchas administraciones existe una total despreocupación acerca de la realidad descrita y de la necesidad urgente de tomar medidas adecuadas. No es ésta, desde luego, la posición de la mayoría de los países occidentales los cuales, con diferentes estrategias, están abordando decididamente el grave problema de los residuos generados por los equipos electrónicos. Japón, Estados Unidos (mediante leyes federales o propias de cada estado) y Europa están esforzándose en desarrollar una normatividad o legislación que permita, mediante el diseño, recogida, reutilización, recuperación, y reciclado de los productos electrónicos, minimizar el impacto ambiental que supone la existencia de tan gran cantidad de equipos en el mercado.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Bajo el contexto anterior esta monografía esta encaminada a demostrar por qué se hace precisa la recogida selectiva de los equipos eléctricos y electrónicos y su posterior tratamiento, lo cual se sustenta básicamente por tres razones:

- Por el desperdicio de recursos que supone que los equipos desechados por sus usuarios sean considerados del todo inútiles y enviados directamente a los rellenos sanitarios, ya que muchos de los equipos que en la actualidad se consideran fuera de uso, aún son aprovechables si se reutilizan. Pero si esto no es posible, porque el equipo no funcione, puede ser desmontado y utilizados sus elementos o componentes como repuestos o integrándolos en otros equipos. Y también, sus materiales pueden ser recuperados para convertirse en materia prima de nuevos productos o incluso, como fuente de generación de energía mediante incineración.
- Por el espacio que ocupan en los vertederos, puesto que el rápido aumento de los residuos de naturaleza eléctrica y electrónica es actualmente motivo de preocupación. El volumen de estos residuos crece tres veces más rápidamente que el promedio de los residuos urbanos, como mínimo a razón de un 3% a un 5% anual. Obviamente, cuantos más procesos de los descritos anteriormente se realicen sobre los equipos eléctricos y electrónicos de carácter computacional, menor volumen de residuos llegará a los rellenos sanitarios.
- Por las sustancias nocivas que contienen y que si no se separan previamente de los equipos, acaban contaminando en los rellenos sanitarios o en las incineradoras. Es por ello por lo que los equipos computacionales desechados deben someterse a un tratamiento adecuado, previamente a su disposición final. En la actualidad más del 90% de estos residuos se depositan en rellenos sanitarios, se incineran o se valorizan sin ningún tratamiento previo y, por tanto, buena parte de los diversos agentes contaminantes que se encuentran en el flujo de residuos urbanos proceden de ellos.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

A la vista de todo lo anteriormente expuesto resulta evidente el negativo impacto ambiental que pueden tener los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares cuando son desechados al final de su vida. Ello constituye una amenaza para el denominado “desarrollo sostenible” (satisfacción de nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un plan de manejo integral de los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar y cuantificar los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares, identificando y valorando los impactos ambientales causados por los mismos.
- Plantear un sistema de recolección de residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares de acuerdo a las características actuales de disposición.
- Seleccionar los esquemas de tratamiento más adecuados para la disposición de los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- Plantear estructuras que permitan generar actividades tendientes a la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos de productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares generados por la comunidad y las diferentes instituciones.

1.4 MARCO DE REFERENCIA

Hasta hace unas pocas décadas sólo una parte muy pequeña de la población podía acceder a alguno de los entonces escasos aparatos eléctricos y electrónicos que se fabricaban, ya que su elevado precio los hacía prohibitivos para la mayoría. También, por esta razón, se utilizaban durante largos períodos de tiempo, reparándolos sucesivas veces cada vez que se averiaban y sólo deshaciéndose de ellos cuando la reparación se hacía ya imposible. En consecuencia, los residuos procedentes de equipos eléctricos y electrónicos que quedaban fuera de uso eran mínimos y por lo tanto, insignificante el impacto de los mismos sobre el medio ambiente.

Muy diferente es la situación actual. La rápida evolución de la microelectrónica ha permitido crear una enorme variedad de equipos destinados a satisfacer muy diferentes necesidades y deseos a precios asequibles para un alto porcentaje de la población. Por ello, su producción y consumo han aumentado hasta alcanzar niveles impensables hace no mucho tiempo. Además, la disminución del período de su tiempo de uso ha hecho que el plazo que transcurre desde su adquisición hasta que se desecha llegue a ser en la actualidad, en muchos equipos, de un escaso número de años.

Se estima que cada día en el estado de California quedan obsoletos más de 6.000 ordenadores. Dundee J. Navin Chandra, profesor de la Carnegie Mellon University afirma que en EEUU "en la actualidad por cada tres ordenadores que se compran,

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

dos quedan obsoletos. En el año 2005 la relación será de 1 a 1, lo cual significa que se debe ser capaz de reciclar ordenadores tan rápidamente como son fabricados". La National Recycling Coalition predice que en el 2007 habrá en EEUU la enorme cantidad de 500 millones de ordenadores obsoletos. Pero de acuerdo con la Silicon Valley Toxics Coalition, más del 50% de los ordenadores que se desechan son funcionales y han sido desechados para ser sustituidos por otros de la última tecnología.

Prácticamente la totalidad de los aparatos eléctricos y electrónicos desechados acaban en vertederos. Ello es especialmente cierto en nuestro país, en el que la cultura de reutilización o reciclado aún es muy escasa. Debido a la cultura dominante, ni cuando es posible, los ciudadanos se plantean la búsqueda de nuevos usos alternativos o su cesión a quienes los necesiten para que puedan seguir utilizándolos.

Si se continúa actuando así, es más que probable que sea irreparable el daño para la naturaleza y por ende para toda la humanidad. Urge la inmediata puesta en práctica de la conocida triple estrategia utilizada en muchos países de *Reducción, Reutilización y Reciclado*. Pero es muy importante que sea aplicada en este orden: primero reducción, después reutilización y por último reciclado. Reciclado sólo cuando ya no quede otra solución.

"El problema es mundial y las consecuencias para el ecosistema, incalculables", advierte Víctor Duart, responsable en Europa de la división de Medio Ambiente - Productos de la multinacional IBM. La catástrofe que anuncia este directivo se sustenta sobre datos incuestionables. Los ordenadores, además de oro, plata y aluminio, contienen metales pesados que pueden resultar muy peligrosos para la salud de los seres vivos: los tubos catódicos guardan plomo en su interior; los sensores y algunos conectores esconden mercurio y los semiconductores y detectores de infrarrojos están hechos con cadmio.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Si el suelo resultara contaminado con alguno de estos materiales, lo normal “advierten los ecologistas” es que las plantas y los animales se viesen afectados y en última instancia, los seres humanos que se alimenten de ellos.

Por tal motivo IBM sacó al mercado el Intelstation E Proun. Se trata de PC aparentemente normal, pero que ha sido fabricado con plástico reciclado. Este gigante de la informática, que cada año transforma y reutiliza 65.000 toneladas de sus equipos en todo el mundo, cuenta con un ambicioso plan de recolección y aprovechamiento. Aunque de momento, sólo para los aparatos que son propiedad de la compañía; o sea, los que están en alquiler o han sido adquiridos mediante leasing, dos de las fórmulas más utilizadas por las empresas. La idea, cuenta Duart, "es universalizar la fórmula de manera que, de aquí a unos años, los usuarios particulares también puedan beneficiarse de este servicio".

Adicionalmente se destaca la posición de la mayoría de los países occidentales, los cuales, con diferentes estrategias están abordando decididamente el grave problema de los residuos generados por los equipos electrónicos. Japón, Estados Unidos y Europa (mediante leyes federales o propias de cada estado) están esforzándose en desarrollar una normativa o legislación que permita, mediante el diseño, recolección, reutilización, recuperación, y reciclado de los productos electrónicos, minimizar el impacto ambiental que supone la existencia de tan gran cantidad de equipos en el mercado.

Europa es considerada en todo el mundo un ejemplo y una referencia en cuanto a preocupación ambiental y a actividades gubernamentales y comerciales orientadas a conseguir una industria electrónica más consciente ambientalmente. Son muchos los hechos que avalan esta afirmación: desde las numerosas leyes desarrolladas en los países de la Unión Europea hasta la cooperación establecida entre los diferentes países o los trabajos que se desarrollan en el seno de la Comisión Europea para la mejora, tanto de las tecnologías de reciclado como de

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

la infraestructura relacionada con el retorno y reutilización de los equipos usados o de los procesos de diseño y fabricación de los equipos electrónicos.

Estas agresivas políticas europeas están obligando a los fabricantes a diseñar de acuerdo a criterios ecológicos o en caso contrario, quedar automáticamente excluidos del mercado europeo. De esta forma, el denominado diseño ecológico ha llegado a constituirse no ya en una ventaja competitiva sino, aún más, en un factor decisivo para simplemente poder tener acceso al mercado.

Ya desde el año 1991 los residuos de equipos eléctricos y electrónicos son considerados por la Unión Europea como prioritarios en el flujo de desperdicios, habiéndose incluido los mismos en 1993 en una de las cinco líneas de trabajo del Programa de Residuos Prioritarios. Es en el año siguiente cuando se constituye el grupo de trabajo WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment). En 1997 la DG XI elabora el documento denominado Working Paper on the management of Waste from Electrical and Electronic equipment (DG XI.E3/FE D(97), 9 de octubre de 1997), el cual, tras ser escuchadas las sugerencias de expertos y de la industria, se modificó y fue emitido como Proposal for a Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment (First Draft) el 21 Abril de 1998. Finalmente, el 13 de junio de 2000 se publican dos propuestas de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas a residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (2000/0158 (COD)) y sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (2000/0159 (COD)).

En el mes de febrero de 2003 (13 de febrero de 2003), el Diario Oficial de la Unión Europea publicó las directivas 2002/96/CE del 27 de enero de 2003 sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE ó WEEE) y 2002/95/CE de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RuSP ó RoHS).

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Respecto a la incorporación a las legislaciones nacionales de los países miembros de la Unión Europea, ambas establecen que los Estados miembros adoptarán las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo dispuesto en dichas directivas como muy tarde el 13 de agosto de 2004 (artículos 17 de RAEE y 9 de RuSP), aunque en la segunda se permitirá de conformidad con la normativa comunitaria, un período de adaptación en cuya virtud tales restricciones serán definitivamente exigibles a los aparatos que salgan al mercado a partir del 1 de julio de 2006.

Por otra parte existen en el mundo empresas especializadas en el reciclaje, tratamiento y disposición final de residuos provenientes de aparatos eléctricos y electrónicos, tales como la firma británica Technical Asset Management (TAM) la cual realiza su gestión a lo largo de los países de la Unión Europea. Este tipo de empresas se encarga de la recolección, cuando es posible se realiza el arreglo del aparato. Pero cuando éste no tiene solución lo desmontan, separan las piezas en función del material y su toxicidad, reutilizan los componentes que se puedan y los que no son enviados a empresas especializadas en tratamiento de residuos tóxicos.

Así mismo, la empresa de subastas por Internet E-Bay ha anunciado una coalición con los principales fabricantes informáticos y grupos de protección medioambiental para ayudar a los consumidores a deshacerse de su basura electrónica. El programa, que busca resolver lo que quizá sea el problema más complicado al que se enfrenta la industria, ofrece a los usuarios la opción de vender o donar los ordenadores que aún funcionan.

En la llamada "Rethink Initiative" (Iniciativa Replantear), participan Intel, Apple, Gateway, Hewlett-Packard e IBM, entre otros gigantes informáticos. La Silicon Valley Toxics Coalition y la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Unidos también forman parte de la iniciativa, así como el Servicio Postal Estadounidense y la compañía de mensajería urgente UPS.

"La vieja tecnología se está amontonando más rápido que nunca", dijo Meg Whitman, presidenta de E-Bay, en una conferencia en Las Vegas (Nevada), donde se celebra la Feria Internacional de la Electrónica. E-Bay ofrecerá a los interesados en desprenderse de su ordenador un software especial para ayudar a limpiar el sistema de información personal, como datos financieros.

Los consumidores que no quieran acudir a E-Bay tendrán otras opciones, como deshacerse de ellos en los establecimientos de UPS. En cuanto a los ordenadores que ya no funcionan, el programa dispone de un listado de centros de reciclaje facilitado por la Silicon Valley Toxics Coalition.

El presidente de este grupo, Ted Smith, señaló que ésta es la coalición más importante que se ha creado hasta la fecha, gracias en parte al elevado número de usuarios de E-Bay, unos 128 millones y afirmó "la basura electrónica está generando graves problemas para el medio ambiente debido a la toxicidad de algunos componentes".

Buena parte de las empresas envían sus desperdicios a países como India o China, donde son "destripados" para obtener el plomo, oro y otros metales valiosos, un proceso en el que los componentes tóxicos como el cadmio o el mercurio que contienen los aparatos va a parar al agua y el aire. Según E-Bay, cada día se reemplazan en EEUU unos 133.000 ordenadores y sólo se recicla el 10 por ciento de éstos.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

1.5 MARCO LEGAL

La legislación de Colombia ha publicado diferentes normas para la gestión de los residuos urbanos y peligrosos, sin embargo no se cuenta en la actualidad con una norma vigente que regule o reglamente la gestión integral de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos generados en el país.

A continuación se citan algunos instrumentos normativos de la legislación ambiental Colombiana en materia de residuos que pueden ser adaptados a la gestión integral de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos.

- Constitución Política de Colombia de 1991. Artículo 81: Queda prohibida la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos.
- El Decreto 2811 de 1974 conocido como el Código de Recursos Naturales instaure en los siguientes artículos: Artículo 34. En el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios, se observarán las siguientes reglas: a) Se utilizarán los mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia, para la recolección, tratamiento, procesamiento y disposición final de residuos.

Artículo 35. Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios y, en general, desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos.

- La Ley 9 de 1979 también conocida como Código Sanitario Nacional establece en su artículo 31. Quienes produzcan basuras con características especiales, en los términos que señale el Ministerio de Salud, serán responsables de su recolección, transporte y disposición final.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones, establece en su artículo 65:

Corresponde en materia ambiental a los municipios y a los distritos con régimen constitucional especial, las siguientes atribuciones especiales:

9) Ejecutar obras o proyectos de descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por vertimientos del municipio, así como programas de disposición, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y sólidos y de control de las emisiones contaminantes del aire.

- La Resolución 189 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente en su artículo 1, presenta la definición de residuo tóxico:

Residuo tóxico: se entiende por residuo tóxico aquél que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana, animal o vegetal y al medio ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos que se clasifican de acuerdo a los criterios de toxicidad con efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos, definidos en la lista de esta resolución, y aquéllos que contienen una o más de las sustancias, elementos o compuestos que están presentes en dicha lista.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Lista de Sustancias o compuestos que confieren toxicidad a un residuo.

Sustancias	Sustancias
Antimonio y sus compuestos	Fluoroacetato y fluoroacetamida
Arsénico y sus compuestos	Mercurio y sus compuestos
Asbestos en todas sus formas, incluyendo amianto	Níquel y sus compuestos
Bario y sus compuestos	Peróxidos, cloratos, percloratos y nitratos orgánicos
Berilio y sus compuestos	Piridinas y derivados
Cadmio y sus compuestos	Plomo y sus compuestos
Carbonilos metálicos	Plutonio y sus compuestos
Cianógenos y sus compuestos	Selenio y sus compuestos
Compuestos de cobre	
Compuestos aromáticos halogenados y no halogenados	Solventes orgánicos halogenados y no halogenados, incluyendo los usados y residuos de recuperación de los mismos
Compuestos inorgánicos de flúor	Talio y sus compuestos
Compuestos orgánicos halogenados, incluyendo los bifenilos	Sustancias ácidas o básicas fuertes, con un pH menor o igual a 2.5, o mayor o igual a 11.5
Policlorados y polibromados	Telurio y sus compuestos
Cromo y sus compuestos	Titanio y sus compuestos
Dibenzofuranos policlorados	Vanadio y sus compuestos
Dibenzoparadioxinas policloradas	Zinc y sus compuestos
Eteres	Medicamentos vencidos
Fenoles compuestos fenólicos	Residuos de plaguicidas
Fósforo y sus compuestos	

- El Decreto 605 de 1996 en su artículo 1 define residuo peligroso:

Es aquel que por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Asimismo se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Así mismo en su artículo 6, enuncia: La responsabilidad por los efectos ambientales y a la salud pública generados por la producción, recolección, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos estará a cargo de los productores y de la entidad con quien contraten la prestación del servicio, quienes deberán cumplir con las disposiciones del presente decreto y las demás relacionadas con la protección del medio ambiente.

- Ley 430 de 1998. “Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos”, en su artículo 2 determina:

La presente ley tendrá como objeto, regular todo lo relacionado con la prohibición de introducir desechos peligrosos al territorio nacional, en cualquier modalidad según lo establecido en el Convenio de Basilea y sus anexos, y con la responsabilidad por el manejo integral de los generados en el país y en el proceso de producción, gestión y manejo de los mismos, así mismo regula la infraestructura de la que deben ser dotadas las autoridades aduaneras y zonas francas y portuarias, con el fin de detectar de manera técnica y científica la introducción de estos residuos y regula las sanciones en la Ley 99 de 1993 para quien viole el contenido de esta ley.

- La Resolución 1096 de 2000. “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-” manifiesta en su artículo 2:

El presente Reglamento tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, que adelanten las Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- El Decreto 1713 de 2002, en su artículo 8 establece:

Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. A partir de la vigencia del presente decreto, los Municipios y Distritos, deberán elaborar y mantener actualizado un Plan Municipal o Distrital para la Gestión Integral de Residuos o desechos sólidos en el ámbito local y/o regional según el caso, en el marco de la política para la Gestión Integral de los Residuos expedida por el Ministerio del Medio Ambiente, el cual será enviado a las autoridades Ambientales competentes, para su conocimiento, control y seguimiento.

- El Decreto 1609 de 2002 en su artículo 2 determina:

El presente decreto aplica al transporte terrestre y manejo de mercancías peligrosas, los cuales comprenden todas las operaciones y condiciones relacionadas con la movilización de estos productos, la seguridad en los envases y embalajes, la preparación, envío, carga, segregación, trasbordo, trasiego, almacenamiento en tránsito, descarga y recepción en el destino final. El manejo y transporte se considera tanto en condiciones normales, como las ocurridas en accidentes que se produzcan durante el traslado y almacenamiento en tránsito.

El presente reglamento aplica a todos los actores que intervienen en la cadena del transporte, es decir el remitente y/o dueño de la mercancía, destinatario (personas que utilizan la infraestructura del transporte de acuerdo con lo establecido en el artículo 9 de la Ley 105 de 1993), empresa transportadora, conductor del vehículo y propietario o tenedor del vehículo de transporte de carga.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Cuando se trate de transporte de desechos peligrosos objeto de un movimiento transfronterizo, se debe dar aplicación en lo dispuesto en el Convenio de Basilea, ratificado por la Ley 253 de 1996 y la Ley 430 de 1998.

- Decreto 1220 de 2005. “Por el cual se establece lo relacionado a licencias ambientales de proyectos, obras y actividades sujetos a licencia ambiental”.

Artículo 9. Competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales. Otorgarán o negarán la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades, que se ejecuten en el área de su jurisdicción.

Numeral 9. La construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos.

- El Decreto 4741 de 2005. “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”, en su artículo 15 establece:

El fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, para los efectos del presente decreto se equipara a un generador, en cuanto a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos del producto o sustancia. La responsabilidad integral subsiste hasta que el residuo o desecho peligroso sea aprovechado como insumo o dispuesto con carácter definitivo.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

- La Resolución 1402 de 2006. “Por la cual se desarrolla parcialmente el decreto 4741 de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos”, en sus artículos 3 y 4 establece:

Artículo 3. Ninguna persona natural o jurídica podrá introducir al territorio nacional residuos o desechos peligrosos si no cumple con lo consagrado en el Convenio de Basilea, ley 253 de 1996, ley 430 de 1998, ley 99 de 1993 y sus disposiciones reglamentarias. En consecuencia, cualquier movimiento transfronterizo de residuos o desechos peligrosos, deberá dar cumplimiento a lo establecido en las mencionadas disposiciones.

En particular, se debe acreditar, de conformidad con el trámite previsto por la licencia ambiental, que se manejen en forma tal, que no lesionen el ambiente, ni atenten contra la salud humana, la integridad física y la vida de los habitantes o cualquier otro derecho fundamental.

Artículo 4. De conformidad con la ley 430 del 16 de enero de 1998, es obligación y responsabilidad de los generadores identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos que genere, para lo cual podrá tomar como referencia cualquiera de las alternativas establecidas en el artículo 7 del decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. La autoridad ambiental podrá exigir la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos, cuando lo estime conveniente o necesario.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

2. MARCO TEÓRICO

Aunque el primer producto que se industrializó fue el automóvil, allá en la primera década del siglo XX, fue la radio (construida entonces con tubos de vacío) el primer equipo electrónico que habiendo sido en sus comienzos de uso exclusivo profesional y militar, entró masivamente en los hogares. A ésta le siguió en poco tiempo un variado equipamiento eléctrico, electromecánico y electrónico: lavadoras, planchas, calentadores, frigoríficos, televisores, etc. "Invasión" que dio comienzo en Estados Unidos y que, con un cierto retraso, continuó en Europa tras la Segunda Guerra Mundial.

Se inicia así la denominada "democratización del lujo", proliferación de bienes de consumo barato y variado. El detonante de este hecho ocurrió en la Navidad de 1.947, cuando tres científicos de los Bell Labs (Shockley, Bardeen y Brattain) producen el efecto transistor, poniéndose en ese momento las bases de la tecnología de los semiconductores, de los dispositivos de estado sólido. El nacimiento del transistor fue también el de una nueva era, no sólo para la ciencia y la tecnología, sino para toda nuestra civilización. Las prestaciones que ya en la década de los cuarenta se solicitaban a los equipos electrónicos y que eran escasas y penosamente satisfechas por los tubos de vacío, pudieron ser ampliamente sobrepasadas en un breve plazo de tiempo gracias al desarrollo de los dispositivos semiconductores dadas sus grandes ventajas respecto a los tubos de vacío. Sólo 10 años después del descubrimiento del transistor, Jack Kilby de Texas Instruments construyó el primer circuito integrado y con ello tuvo lugar el nacimiento de la microelectrónica.

Con la microelectrónica se pusieron de manifiesto las grandes ventajas de los dispositivos semiconductores. Pues no se trataba ya de la posibilidad de

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

miniaturización sino, sobre todo, de su capacidad de integración, es decir, de construir muchos dispositivos básicos, unos junto a otros, en un solo soporte.

En los años siguientes a la creación del primer circuito integrado, éstos incrementaron de forma vertiginosa su integración, construyéndose cada vez mayor número de elementos por chip. Tanto es así que en el año 1965 Gordon Moore, a la luz de la evolución que experimentaba la microelectrónica, enunció en la revista *Electronics* su famosa ley: la complejidad de los circuitos integrados (medida como el número de transistores por chip) se duplicaba y se duplicaría cada año. Nunca antes en la historia ninguna tecnología había experimentado, ni imaginado, una evolución tan vertiginosa. En los años transcurridos desde entonces, la tasa de crecimiento formulada por Moore en su ley, se ha mantenido aproximadamente constante, duplicándose la complejidad como media cada 18 meses.

En la década de los años 70 del siglo XX se inicia la que puede ser considerada la tercera revolución tecnológica. Como consecuencia, desde luego, del vertiginoso desarrollo de la electrónica de los semiconductores, pero teniendo como detonante la creación en 1971 del primer microprocesador por la compañía Intel. El microprocesador se constituye en el elemento básico que va a dar lugar a una revolución en el tratamiento de la información que va a convulsionar la práctica totalidad de los campos de la actividad humana. Él será el germen de la tercera gran revolución técnica: la Revolución Tecnológica, basada en la Tecnología de la Información, en los nuevos materiales y en la biotecnología. Con la aparición del microprocesador se inicia un nuevo modo de organización tecnológica, económica y social.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

En la segunda mitad del siglo XX surgieron continuamente nuevos y sofisticados equipos electrónicos en una evolución tan rápida de una tecnología que dio lugar a una profunda transformación de nuestra sociedad en un muy corto período de tiempo.

Las características de los equipos electrónicos varían continuamente y de manera importante. Por una parte, se hacen cada día más pequeños: siguiendo la tendencia demandada por el mercado de reducido peso y volumen e incluso de portabilidad, el sistema de ayer pasa a estar integrado en un chip de hoy. Pero además, también consumen menos: es posible alimentar los equipos complejos con pilas y baterías. Unido al aumento de la complejidad de los circuitos integrados se presenta una importante mejora de su fiabilidad: fallan menos, duran más, ya no se averían tanto como antes. Y como culminación de tan importante número de ventajas, son cada día más baratos ya que se produce una caída continua de sus precios.

Debido a ello, los equipos electrónicos (aún los muy complejos y sofisticados) se hicieron asequibles al gran público, incluso a segmentos de población de bajo nivel adquisitivo. Hasta los equipos de procesamiento de la información, reservados durante tanto tiempo a las grandes corporaciones, administraciones y a los centros de investigación, como máquinas con las que realizar cálculos científicos y de gestión, pasaron a ser unos aparatos domésticos más: los ordenadores entraron también a formar parte de los hogares.

Pero como no podía ser de otro modo, también se presentan efectos negativos. Debido a que continuamente están lanzándose al mercado equipos con cada día más prestaciones y a menores precios, los usuarios los desechan en un menor período; el tiempo de uso de los aparatos eléctricos y electrónicos disminuye. Los equipos son dejados de usar mucho antes de que dejen de funcionar; en muchos casos, incluso, cuando están apenas en la primera fase de su vida útil.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Desaparece la cultura de la reparación: ante una avería, por pequeña que sea, el equipo se reemplaza por uno nuevo. La moda, las prestaciones atractivas, la mentalidad consumista de la época y los hábitos de usar y tirar, da lugar a un gran flujo de aparatos eléctricos y electrónicos desechados hacia los vertederos. Equipos con poco tiempo de utilización son considerados antiguos y obsoletos, aun cuando podrían ser utilizados todavía durante largo tiempo.

LOS APARATOS ELECTRÓNICOS Y SUS COMPONENTES

El dispositivo básico de un circuito electrónico es el *transistor*. Es un “interruptor microscópico” que puede transmitir corriente o parar el flujo en función de si le llega tensión o no. El *hardware* de un ordenador (memoria, procesador, periféricos) está formado por millones de transistores dispuestos adecuadamente dentro de los chips. Los programas que indican al hardware el trabajo a realizar; forman el *software*.

Un ordenador hace todo lo que hace gracias a que cualquier información se puede digitalizar, es decir, expresarla en un lenguaje que sólo tiene dos “letras”: “0” y “1”. Cada 0 y cada 1 se denomina *bit* (del inglés *Binary digit*), y se puede traducir en una señal eléctrica.

Los chips están formados por una veintena de capas de circuitos electrónicos, una encima de otra. Los chips del procesador y otros componentes del ordenador (como la memoria) se sueldan en un circuito impreso o placa madre del ordenador. Los chips correspondientes a otras partes, como los controladores de periféricos, también se colocan en placas.

El proceso de fabricación de los ordenadores de marca suele llegar hasta el montaje de las placas, los discos, el ventilador, etc. En la carcasa, algunos fabricantes instalan también el sistema operativo de uso mayoritario “Windows”.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Muchas tiendas de ordenadores compran los componentes por separado y los montan; son los ordenadores de marca blanca o clónicos.

La industria electrónica es actualmente la que crece más rápidamente en el mundo, y está cada vez más globalizada. Casi la totalidad de los ordenadores se venden con la marca de una treintena de empresas, la mayoría norteamericana, europea o japonesas. Estas empresas investigan y realizan los procesos más complejos tecnológicamente (fabricación de chips) en los Estados Unidos, Europa (principalmente Alemania, Escocia e Irlanda) y en representación del oriente Japón, Singapur, Corea del Sur y sobre todo Taiwán.

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Los aparatos electrónicos están constituidos por un conjunto de componentes de entre los cuales conviene destacar: aparatos de visualización como tubos de rayos catódicos y pantallas de cristal líquido, vidrio, plásticos con materiales ignífugos, circuitos impresos, cables, interruptores de mercurio y magnetotérmicos, pilas, condensadores, resistencias, relés, etc. Aproximadamente el 50% del peso de aparatos electrónicos y eléctricos son metales, principalmente aceros, silicio, aluminio, cobre, plomo, mercurio y metales preciosos. 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. El resto de materiales quedan repartidos entre dos fracciones que se encuentran en porcentajes similares y que son plásticos y vidrios. Dependiendo del aparato considerado, estos datos pueden variar. Así, mientras los ordenadores contienen un 23% de peso en plásticos, en los equipos dedicados a telecomunicaciones puede llegar hasta un 50%.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

El monitor CRT posee el 50% del volumen y la masa del ordenador, y contiene plomo (varios gramos en el tubo de rayos catódicos), fósforo, cadmio y mercurio.

Los compuestos más problemáticos desde el punto de vista medioambiental contenidos en los residuos electrónicos son los metales pesados, el PVC y los compuestos bifenilos policlorados (PCB). Hablando de metales, que poseen el 70% del valor residual de un ordenador, podemos encontrar plomo en las soldaduras y los tubos de rayos catódicos, bario en los tubos de rayos catódicos, cadmio en las baterías, antimonio en el encapsulado de los chips, berilio en los PCs antiguos y las conexiones de teléfonos móviles, cromo en los metalizados, mercurio en baterías, interruptores y las bombillas que iluminan las pantallas planas, fósforo en monitores, arsénico y silicio en los microprocesadores, acero en las carcasas, aluminio en los discos duros, cobre en toda la electrónica, y metales preciosos en las placas de circuitería.

Otra 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.

Entre la utilización de los metales pesados se puede destacar: 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 desechar el ordenador pasan a los seres vivos a través de la cadena alimentaria y como no los podemos metabolizar, se acumulan en los tejidos y son una causa de cáncer.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Durante la fabricación de los chips se emiten al aire Perfluorocarbonos (PFCs), 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.

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 procesos más sencillos, como el montaje de placas y ordenadores, los suelen hacer empresas subcontratadas en Malasia, Tailandia, Filipinas, Vietnam, Indonesia, China, recientemente Europa del Este, y en menor cantidad Centroamérica, Brasil y Sudáfrica. En las plantas de montaje suelen trabajar mujeres jóvenes cobrando salarios bajos, con jornadas muy largas, presión por producir deprisa, y sin sindicatos. A diferencia de lo que pasa en el sector de los juguetes o del textil, las grandes empresas de material electrónico todavía no han comenzado a elaborar códigos de conducta que establezcan unas condiciones laborales mínimas en sus fábricas y empresas proveedoras.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

OPCIONES UTILIZADAS PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS

La disposición de residuos de aparatos electrónicos resulta un reto formidable debido a las características que este desperdicio posee. Tiene materiales que son reciclables y que pueden ser recuperados, a la vez que tiene materiales que son clasificados "obsoletos" por las agencias reguladoras. Si estos últimos fuesen dispuestos de forma inadecuada, podrían causar serios problemas ambientales, e inclusive podría amenazar la salud pública. Sin embargo, el aspecto más importante es que este recurso, si se maneja adecuadamente, podría extender la vida útil de estos artículos, logrando obtener unos recursos que de otra manera resultarían virtualmente imposibles de conseguir debido a su alto costo en el mercado.

Buscando una solución a este problema de disposición, ciertas organizaciones ambientalistas han creado una estructura de reciclaje que reduce los desperdicios en la fuente y permite que lo que no se pueda reducir se recicle. La efectividad de esta estructura de reciclaje es casi total según la compañía Summit's Electronic Recycling. Ellos sustentan que han logrado que solo la mitad del 1% de los materiales que procesan terminen en los rellenos sanitarios. Esta estructura de recuperación, reducción y reciclaje se compone de 4 partes:

- ◆ **Reuso:** Utiliza las partes o componentes de otros sistemas para mejorar el propio. Crea productos nuevos usando las partes que no se puedan usar según el diseño original.
- ◆ **Reducción:** Considera alquilar o mejorar computadoras en vez de comprar nuevas. Comparte la computadora propia y compra sólo el equipo que necesita.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

- ◆ Donación: Dona el equipo a un vecino, a escuelas, a caridades o a cualquier otra persona o entidad que necesite el mismo.

- ◆ Reciclaje (desmanufacturación): Luego de desmontar el equipo, el metal, el plástico y el vidrio se procesan para ser reusados. No descarta computadoras que no se puedan reparar o componentes que no se necesiten, sino que los lleva a los centros de acopio.

Con la anterior propuesta se pretende evitar que las computadoras, sus partes y periféricos terminen yendo a los rellenos sanitarios o sigan ocupando espacio en los hogares o almacenes de sus dueños. En la actualidad, la entidad que cuenta con unidades de computadoras declaradas obsoletas sólo tiene una entre dos salidas: el relleno sanitario o la actualización.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

3. METODOLOGÍA

Esta monografía es de carácter cualitativo y presenta un nivel de profundización descriptiva, se basa en la recopilación de información, en diferentes fuentes, como Internet, estudios realizados anteriormente, trabajos de personas que conocen y han trabajado este tipo de problemática en el ámbito internacional y observaciones directas del programa nacional para recuperación de equipos informáticos con fines educativos. Teniendo en cuenta las normas legales y ambientales se realiza una evaluación clara de los impactos potenciales producidos por el inadecuado manejo y disposición de este tipo de residuos, planteando esquemas para la reducción, recolección, reutilización, reciclaje o tratamiento y disposición final de los residuos.

Para ello se plantean las siguientes actividades:

Actividad 1.

Recopilación Bibliográfica

El estudio objeto de la presente monografía, se inicia con la investigación de la literatura acerca de los usos de los equipos electrónicos, sus componentes y efectos sobre el medio ambiente y la salud humana, la posición de la comunidad internacional frente al problema y las alternativas planteadas para su tratamiento y disposición.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Actividad 2.

Diagnostico de la Situación Proyectada

Teniendo como base la información recopilada de estudios internacionales, se realizará una evaluación en el ámbito local de los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares.

Actividad 3.

Caracterización de los Residuos Generados por Aparatos Electrónicos y Valoración de los Impactos Ambientales

Se caracterizará y cuantificarán los residuos generados por productos electrónicos provenientes de las computadoras y similares en la ciudad de Bogotá, identificando y valorando los impactos ambientales causados por los mismos.

Actividad 4.

Planteamiento de un Sistema de Recolección de Residuos Electrónicos

Se realizará el Planteamiento de un sistema de recolección de residuos de acuerdo a las características actuales de disposición en la ciudad de Bogotá.

Actividad 5.

Selección de esquemas de tratamiento

Se seleccionarán los esquemas de tratamiento más adecuados para la disposición de los residuos generados por productos electrónicos.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Actividad 6.

Planteamiento de estructuras que generen actividades para el aprovechamiento de los residuos electrónicos

Se Plantearán estructuras que permitan generar actividades tendientes a la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos de productos electrónicos generados por la comunidad y las diferentes instituciones.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

4. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE MANEJO INTEGRAL PARA RESIDUOS ELECTRÓNICOS

Este plan aborda tanto el estudio de los factores que concurren en la recogida y reciclado de equipos y productos electrónicos, como en la experiencia práctica del reacondicionamiento de equipos realizado por la entidad Computadores Para Educar que ha permitido conocer en la realidad las peculiaridades y dificultades de dicho proceso.

A diferencia de un proyecto realizado para todo el territorio nacional, se debe inicialmente diseñar un proyecto para ser ejecutado en un ámbito geográfico mucho más reducido: un término municipal que en este caso se aplica para la ciudad de Bogotá. Y es precisamente, en lo limitado de su ámbito geográfico de aplicación donde reside su interés. En efecto, sólo en un área no muy extensa es posible establecer tan múltiples y variados objetivos, al mismo tiempo que se ejerce un adecuado control sobre las acciones prácticas emprendidas y se logra una aceptable validez de resultados.

Es claro vislumbrar que el gobierno nacional no posee en el momento un inventario completo del número de computadores existentes en Colombia o de la cantidad de residuos electrónicos que anualmente son desechados. Es por ende que en un campo tan poco tratado como es el de la recolección y el reciclado electrónico, el principal problema que se plantea es la carencia de datos que permitan no ya emprender las acciones correctivas oportunas, sino siquiera conocer la magnitud de la contaminación y el desaprovechamiento de recursos que día a día se están produciendo.

Para tal finalidad es de primordial importancia que inicialmente el gobierno nacional se trace objetivos tendientes a la identificación y cuantificación de los

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

principales indicadores de la situación actual de los productos electrónicos y sus derivados, tendiente a poseer una perspectiva clara de las soluciones a implementar. Los siguientes son objetivos básicos que deben ser considerados en la iniciación del abordaje de esta temática:

1. Documentar la cantidad y tipos de productos electrónicos existentes, adquiridos y desechados por los usuarios en el área de estudio.
2. Estudiar las mejores prácticas para la recogida, desmontaje, reutilización y reciclado de los productos electrónicos.
3. Detectar los beneficios económicos y sociales que pueden reportar estas actividades, mediante la identificación de las oportunidades de actividades y de negocio.
4. Obtener un conocimiento preciso y actualizado del estado actual de las experiencias de reuso y reciclado de productos electrónicos que se llevan a cabo en la actualidad en diferentes lugares del mundo.
5. Gestionar las oportunidades de alianzas internacionales con las empresas manufactureras de productos electrónicos y con aquellas que realizan el reciclaje de los diferentes componentes presentes en los mencionados productos.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES Y EFECTOS AMBIENTALES

Internacionalmente los residuos tecnológicos se clasifican en tres colores: La línea blanca se refiere a frigoríficos, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas; La línea marrón son los televisores que la gente desecha; La línea gris son los

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

ordenadores y equipos informáticos en general, en los cuales se centra fundamentalmente el desarrollo de esta monografía.

Pero 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.

Los aparatos electrónicos están constituidos por un conjunto de componentes de entre los cuales conviene destacar: aparatos de visualización como tubos de rayos catódicos y pantallas de cristal líquido, vidrio, plásticos con materiales ignífugos, circuitos impresos, cables, interruptores de mercurio y magnetotérmicos, pilas, condensadores, resistencias, relés, etc.

Figura 1. Computador y sus partes



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Aproximadamente el 50% del peso de aparatos electrónicos y eléctricos son metales, principalmente aceros, aluminio, cobre, plomo, mercurio y metales preciosos. El resto de materiales quedan repartidos entre dos fracciones que se encuentran en porcentajes similares y que son plásticos y vidrios. Dependiendo del aparato considerado, estos datos pueden variar. Así, mientras los ordenadores contienen un 23% de peso en plásticos, en los equipos dedicados a telecomunicaciones puede llegar hasta un 50%.

Un componente esencial de cualquier equipo eléctrico y electrónico es la tarjeta de circuitos impresos que está formada por una tarjeta base sobre la cual van montados los componentes electrónicos (conectores, resistencias, condensadores, capacitadores, pantallas de cristal líquido -LCDs-, transistores, circuitos integrados, etc). La tarjeta base proporciona la estructura física para el montaje de los componentes y las interconexiones eléctricas entre dichos componentes. Esta tarjeta base consiste en un sustrato no conductor (normalmente una resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) sobre el que se monta la estructura conductiva o circuito, que normalmente suele ser de cobre y algunas veces de níquel, plata, estaño, oro. Sobre la tarjeta base van adheridos (soldados, pegado especial...) los componentes electrónicos como condensadores, resistencias integrados, etc. La combinación de tarjeta base con componentes electrónicos se conoce como montaje electrónico o conjunto de circuitos impresos.

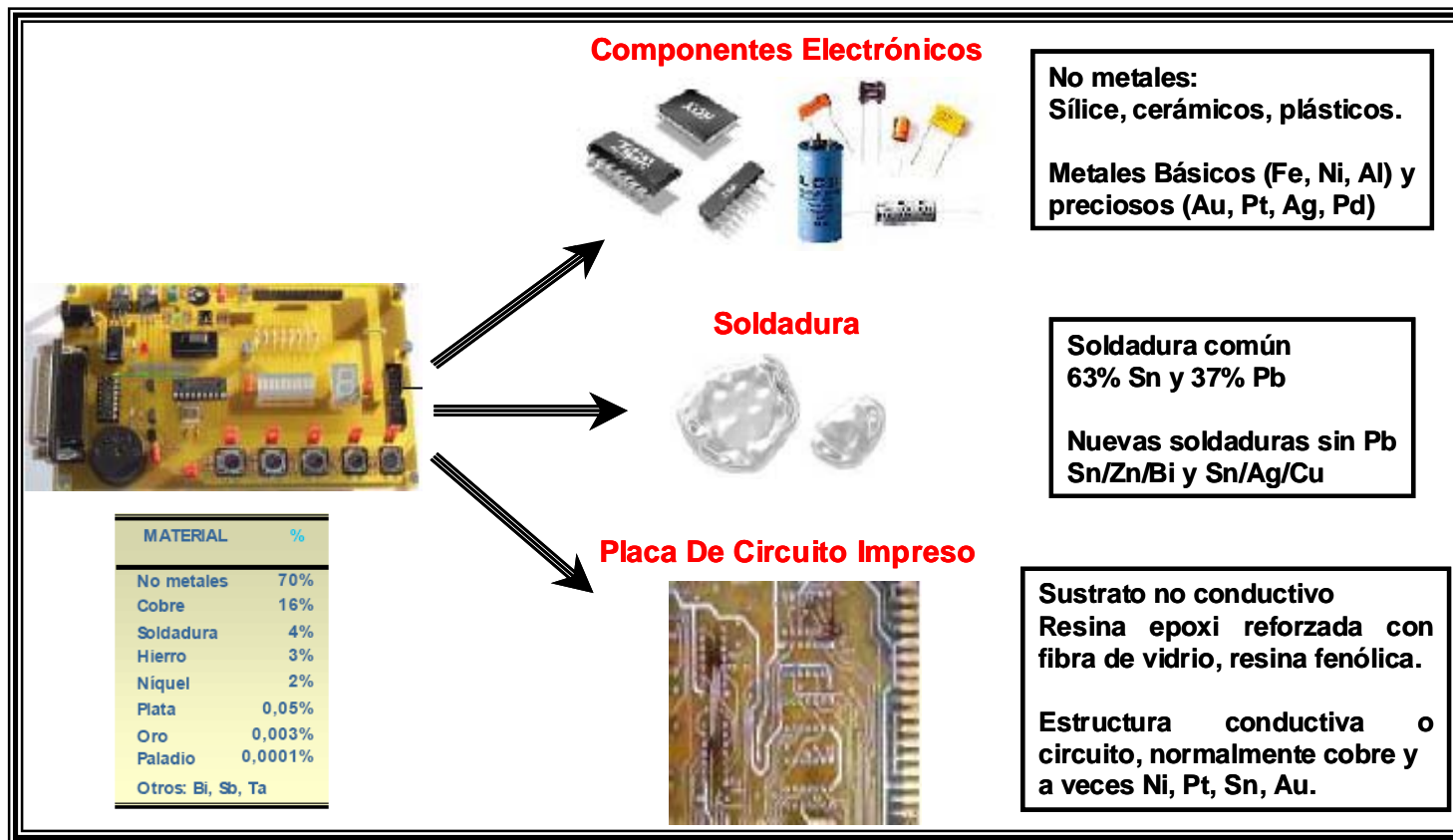
De acuerdo a la bibliografía consultada, una composición media de las actuales tarjetas de circuitos impresos pudiera ser 70% no metales (fibra de vidrio, termoestables), 16% de cobre, 4% soldaduras, 3% hierro, 2% níquel, 0.05% plata, 0.003% oro, 0.0001% paladio y diversos porcentajes de otros elementos (bismuto, antimonio, tántalo, etc). Por tanto las tarjetas de circuitos impresos contienen una gran variedad de metales de base y preciosos en diversas concentraciones, lo cual hace que sea especialmente interesante su recuperación, una vez que

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

alcanzan el final de su vida útil. La tarjeta base puede estar constituida por diferentes tipos de laminado impregnados de resinas termoestables, normalmente los más habituales son los laminados de fibra de vidrio con resina epoxi FR4, lo cual proporciona a la tarjeta gran resistencia dimensional.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Figura 2. Descripción de una tarjeta de circuitos impresos



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

El monitor CRT posee el 50% del volumen y la masa del ordenador, y contiene plomo (cientos de gramos en el tubo de rayos catódicos), fósforo, cadmio y mercurio tóxicos.

Los materiales más abundantes en un ordenador 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.

Pero los compuestos más peligrosos desde el punto de vista medioambiental contenidos en los residuos eléctricos y electrónicos son los metales pesados, los materiales ignífugos brominados y los compuestos bifenilos policlorados (PCB). Hablando de metales, que poseen el 70% del valor residual de un ordenador, podemos encontrar plomo en las soldaduras y los tubos de rayos catódicos, bario en los tubos de rayos catódicos, cadmio en las baterías, antimonio en el encapsulado de los chips, berilio en los PCs antiguos y las conexiones de teléfonos móviles, cromo en los metalizados, mercurio en baterías, interruptores y las bombillas que iluminan las pantallas planas, fósforo en monitores, arsénico y silicio en los microprocesadores, acero en las carcasas, aluminio en los discos duros, cobre en toda la electrónica, y metales preciosos en las placas de circuitería.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

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 lanzar el ordenador. Pasan a los seres vivos a través de la cadena alimentaria y, como no los podemos metabolizar, se acumulan en los tejidos y son una causa de cáncer.

Durante la fabricación de los chips se emiten al aire Perfluorocarbonos (PFCs), 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.

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.

Además de las sustancias presentes dentro del ordenador, también encontramos numerosas sustancias en sus diferentes complementos, de las que faltan datos o estudios sobre su toxicidad. Por ejemplo: el tóner de las impresoras láser y fotocopiadoras contiene polvo de carbón, que es un probable cancerígeno; los cd-rom contienen aluminio; los cd grabables (cd-r) contienen pigmentos cianina, phthalocianina o meta-azo; los cds regrabables (cd-rw) contienen policristal (plata - indio - antimonio - telurio); los minidisk contienen cobalto; etc.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

A continuación se presenta la composición típica de una computadora de escritorio de acuerdo a la publicación “Material informático y contaminación medioambiental” Alejandro Castán Salinas. 2005, basada en la tabla presentada por Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC). 1996.

Tabla 1. Composición de una computadora de escritorio
Basado en una computadora de escritorio típica, peso - 70 lb.

Nombre	Contenido (% del peso total)	Eficiencia de reciclaje	Uso / Localización
Silicio	24.8803	0%	Vidrio, dispositivos de estado sólido / tubos de rayos catódicos (CRT), tarjetas de circuitos impresos (PWB).
Plásticos*	22.9907	20%	Incluye orgánicos, óxidos, otros como sílice.
Hierro	20.4712	80%	Estructura, acero imantado, CRT, PWB.
Aluminio	14.1723	80%	Estructura, conductores, CRT, PWB, conectores.
Plomo	6.2988	5%	Baterías, soldaduras en circuitos impresos, prevención de radiación, monitores, CRT, PWB.
Cobre	6.9287	90%	Conductores en CRT, PWB, conectores en circuitos impresos.
Zinc	2.2046	60%	Baterías, emisores con fósforo / PWB, CRT
Estaño	1.0078	70%	Metal alojado en las soldaduras para el ensamblaje de placas impresas.
Níquel	0.8503	80%	Baterías, estructura, CRT, PWB.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Nombre	Contenido (% del peso total)	Eficiencia de reciclaje	Uso / Localización
Germanio	0.0016	0%	Semiconductores, PWB.
Galio	0.0013	0%	Semiconductores, monitores, PWB.
Bario	0.0315	0%	Tubos de vacío, CRT
Tántalo	0.0157	0%	Capacitores, PWB, suministro de poder.
Indio	0.0016	60%	Transistores, rectificadores monitores, PWB
Vanadio	0.0002	0%	Emisores con fósforo rojo / CRT
Terbio	0.0001	0%	Activador con fósforo verde / CRT, PWB
Berilio	0.0157	0%	Conductor térmico, PWB, conectores en circuitos impresos
Oro	0.0016	99%	Conductores y conectores en circuitos impresos, PWB
Europio	0.0002	0%	Activador con fósforo / PWB
Titanio	0.0157	0%	Pigmentos, agente ligado al aluminio alojado.
Rutenio	0.0016	80%	Circuitos resistivos, PWB
Cobalto	0.0157	85%	Estructura, alojado con el acero magnético, CRT, PWB
Paladio	0.0003	95%	Conectores, conductores, PWB
Manganeso	0.0315	0%	Estructura, alojado con el acero magnético, CRT, PWB
Plata	0.0189	98%	Conectores, conductores, PWB
Antimonio	0.0094	0%	Retardantes de llama, diodos alojados en circuitos impresos, PWB, CRT

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Nombre	Contenido (% del peso total)	Eficiencia de reciclaje	Uso / Localización
Bismuto	0.0063	0%	Agente húmedo películas gruesas, PWB
Cromo	0.0063	0%	Decorativo, endurecedor, inhibidor de la corrosión.
Cadmio	0.0094	0%	Baterías, emisores de fósforo azul y verde / PWB, CRT
Selenio	0.0016	70%	Rectificadores, PWB
Niobio	0.0002	0%	Permite realizar soldaduras
Itrio	0.0002	0%	Emisor de fósforo rojo / CRT
Rodio	0.0001	50%	Conductor en películas gruesas / PWB
Platino	0.0001	95%	Conductor en películas gruesas / PWB
Mercurio	0.0022	0%	Baterías, interruptores, relés, pantallas LCD, CRT, PWB
Arsénico	0.0013	0%	Agente dopante en transistores / PWB

Fuente: Material informático y contaminación medioambiental. Alejandro Castán Salinas. Informe técnico. México. 2005.

* Plásticos que también contienen retardantes de llama polibromados y cientos de aditivos y estabilizadores mezclados.

La dimensión del impacto ambiental que puede producir la presencia de estas sustancias peligrosas depende fundamentalmente de su toxicidad y de las cantidades que pueden ser liberadas al medio ambiente una vez finalizada la vida útil de los aparatos. Es fundamental la descontaminación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) antes de su gestión como no peligroso.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Los materiales de preocupación para la salud presentes en una computadora de escritorio típica son los siguientes:

Tabla 2. Materiales de preocupación para la salud en una típica computadora de escritorio

NOMBRE	USO / LOCALIZACIÓN	EFFECTOS EN LA SALUD
Plásticos*	Monitores, CPU, periféricos, cables, etc.	Disfunción endocrina, afecta el desarrollo fetal; aumenta riesgo de cánceres de los sistemas digestivo y linfático.
Plomo	Soldaduras, escudo para la radiación en tubos de rayos catódicos (CRT), tarjetas de circuitos impresos (PWB).	Daño al sistema nervioso central y periférico, sistema circulatorio y riñones; efectos adversos en el sistema endocrino, efectos serios en el desarrollo del cerebro.
Aluminio	Estructura, conductores, CRT, PWB, conectores.	Sarpullidos superficiales, problemas de estructura ósea, y problemas respiratorios incluso asma; Enfermedad de Alzheimer.
Galio	Semiconductores, monitores, PWB.	Clara evidencia de carcinogénesis en experimentación con animales.
Arsénico	Agente dopante en transistores / PWB	Reacciones alérgicas, náusea, vómito, disminución de la distribución sanguínea y producción de células blancas, ritmo anormal del corazón; el arsénico inorgánico es un carcinógeno humano conocido.
Níquel	Baterías, estructura magnética y alojados en CRT y PWB.	Reacciones alérgicas, asma, bronquitis crónica, función pulmonar dañada; razonablemente se ha considerado por anticipado como un carcinógeno humano.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

NOMBRE	USO / LOCALIZACIÓN	EFFECTOS EN LA SALUD
Berilio	Conductor térmico, PWB, conectores en circuitos impresos.	Daño pulmonar, reacciones alérgicas, enfermedad crónica por el berilio; razonablemente se ha considerado por anticipado como un carcinógeno humano.
Cromo	Decorativo, endurecedor, inhibidor de la corrosión.	Ulceras, convulsiones, daño del hígado y riñón, fuertes reacciones alérgicas, bronquitis asmática, puede causar el daño de ADN; es un carcinógeno humano conocido.
Silicio	Vidrio, dispositivos de estado sólido / tubos de rayos catódicos (CRT), tarjetas de circuitos impresos (PWB).	Respirar la sílice cristalina puede causar silicosis, enfisema, enfermedad de la vía aérea obstructiva y fibrosis de los nodos linfáticos; un carcinógeno humano conocido.
Cadmio	Baterías, emisores de fósforo azul y verde / PWB, CRT.	Daño pulmonar, enfermedad del riñón, fragilidad de los huesos; razonablemente se ha considerado por anticipado como un carcinógeno humano.
Mercurio	Baterías, interruptores, relés, pantallas LCD, CRT, PWB	Daño crónico del cerebro, riñón, pulmón y fetos; aumentos en la tensión arterial y proporción del corazón, reacciones alérgicas, efectos en la función del cerebro y memoria; reconocido carcinógeno humano.
Vanadio	Emisores con fósforo rojo / CRT	Daños en el pulmón e irritación de la garganta.
Retardante de llama	Tarjetas de circuitos impresos, conectores, cables y cubiertas plásticas.	Alteraciones endocrinas (reduce la producción de tiroxina), cáncer en el sistema digestivo y linfático y retardo en el desarrollo fetal.

Fuente: Environmental Health Perspectives. Volumen 111, Número 4, Abril 2003.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

Debido a los riesgos involucrados, la disposición y reciclando de los residuos electrónicos tiene serias implicaciones legales y medioambientales. Cuando los residuos de los computadores son arrojados a los basureros o incinerados, esto propone problemas de contaminación significativos. Los basureros lixivian las toxinas a las aguas subterráneas y los incineradores emiten contaminantes aéreos tóxicos incluso dioxinas. Igualmente, el reciclaje de computadoras tiene implicaciones ocupacionales y medioambientales serias, particularmente cuando la industria del reciclaje es a menudo marginal en el aprovechamiento y a menudo no puede permitirse el lujo de tomar las precauciones necesarias para proteger el ambiente y la salud del obrero.

**Tabla 3. Riesgos ambientales y para la salud laboral de algunos
componentes computacionales.**

Componente	Procesado	Peligro a la salud laboral	Peligro ambiental
Tubo de rayos catódicos.	Romper, arrancar la junta de cobre, y lanzar.	- Silicosis. - Cortes del vidrio en caso de explosión. - Inhalación y contacto con fósforo y cadmio.	- Plomo, bario y otros metales pesados contaminando las aguas subterráneas. - Emisión de fósforo tóxico.
Placas de circuito impreso.	Desoldar y arrancar los chips.	- Inhalación de estaño y plomo. - Posible inhalación de dioxinas bromadas, berilio, cadmio y mercurio.	- Emisión al aire de las mismas sustancias.
Procesado de placas de circuito impreso ya desmontadas.	Quemar al aire abierto los circuitos ya sin chips para arrancar los metales que quedan.	- Inhalación por parte de los trabajadores y de los residentes cercanos de estaño, plomo, dioxinas bromadas, berilio, cadmio y mercurio. - Irritación de las vías respiratorias.	- Contaminación por plomo y estaño del entorno más cercano, incluyendo tanto la superficie como las aguas subterráneas. - Emisión de dioxinas bromadas, berilio, cadmio y mercurio.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Componente	Procesado	Peligro a la salud laboral	Peligro ambiental
Chips y otros componentes recubiertos en oro.	Arrancar químicamente utilizando ácido nítrico y ácido clorhídrico a lo largo de las orillas del río.	<ul style="list-style-type: none"> - Lesiones permanentes provocadas por el contacto del ácido con la piel o los ojos. - Irritación de las vías respiratorias, edema pulmonar, fallo circulatorio y muerte provocadas por la inhalación de vapor de los ácidos, cloro y dióxido de azufre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrocarburos, metales pesados, sustancias bromadas, etc., lanzados directamente al río y orillas. - Acidificación del río que mata a los peces y la flora.
Plásticos del ordenador y periféricos.	Fragmentar y fundir a baja temperatura para ser reutilizados en plásticos de baja categoría.	<ul style="list-style-type: none"> - Probable exposición a hidrocarburos, dioxinas bromadas y metales pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión de hidrocarburos, dioxinas bromadas y metales pesados.
Cables.	Quemar al aire abierto para recuperar el cobre.	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición de los trabajadores que viven en las áreas de quemado a dioxinas bromadas y cloradas, y a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) cancerígenos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión al aire, agua y suelo de cenizas de hidrocarburos, incluyendo HAP.
Partes diversas del ordenador encajadas en plástico.	Quemar al aire abierto para recuperar el acero y otros metales.	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición a hidrocarburos, incluyendo HAP, y dioxinas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión al aire, agua y suelo de cenizas de hidrocarburos, incluyendo HAP.
Cartuchos de tóner.	Utilizar pinceles para recuperar el polvo del tóner sin ninguna protección.	<ul style="list-style-type: none"> - Irritación de las vías respiratorias. - El polvo de carbón del tóner negro es un probable cancerígeno. - La toxicidad de los tóners de color azul, amarillo y rojo es desconocida. 	<ul style="list-style-type: none"> - La toxicidad de los tóners de color azul, amarillo y rojo es desconocida.
Cobre y acero secundarios y fundido de metales preciosos.	Incinerar para recuperar el acero y cobre de la basura.	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición a dioxinas y metales pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión de dioxinas y metales pesados.

Fuente: "Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia", Basel Action Network & Silicon Valley Toxics Coalition.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

A continuación se profundiza la información de algunas sustancias que presentan un mayor interés desde el punto de vista de los efectos desfavorables a la salud humana y que componen una típica computadora de escritorio. En el anexo 1 se amplía esta indagación a todos los componentes de un típico computador de escritorio presentados en la tabla 1.

El Bario. El bario es un metal con un suave plateado - blanco que es usado en las computadoras en el panel frontal de los monitores (CRT), para proteger a los usuarios de la radiación. Los estudios han mostrado que la exposición al bario a corto plazo ha causado inflamación cerebral, debilidad muscular, daño al corazón, hígado y bazo. Hay todavía una falta de datos en los efectos de exposiciones crónicas al bario en los humanos. Los estudios animales, sin embargo, revelan tensión arterial aumentada y cambios en el corazón por ingestión de bario por periodos prolongados de tiempo.

El Berilio. El berilio es un metal color acero gris que es sumamente ligero en su peso, duro, buen conductor de la electricidad y el calor, y es no magnético. Estas propiedades hacen del berilio conveniente para muchos usos industriales, incluyendo las aplicaciones electrónicas. En las computadoras, el berilio se encuentra normalmente en las tarjetas madres y “las grapas digitales” como una aleación cobriza del berilio usada para fortalecer los tensores de los conectores y pequeños enchufes manteniendo la conductibilidad eléctrica.

El berilio ha sido recientemente clasificado como un carcinógeno humano ya que la exposición a él puede causar cáncer pulmonar. La preocupación primaria es la inhalación del polvo de berilio, humo o niebla. Obreros que constantemente son expuestos al berilio, incluso en cantidades pequeñas, puede desarrollar lo que está conocido como “afección crónica al berilio” (berilicosis), una enfermedad que principalmente afecta los pulmones.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

La exposición al berilio también causa una forma de enfermedad superficial que se caracteriza por la deficiente curación de heridas y verrugas o protuberancias. Los estudios han mostrado que las personas que pueden desarrollar la afección al berilio enferman muchos años después a la última exposición.

El Cadmio. Los compuestos del cadmio son tóxicos con un posible riesgo de efectos irreversibles en la salud humana ya que son acumulables en el cuerpo humano, particularmente los riñones. El cadmio se encuentra presente en ciertos componentes tales como micro plaquetas (chips) de resistencia, detectores infrarrojos, y chips semiconductores. El cadmio también es un estabilizador de plásticos y algunos tubos de rayos de catódicos más viejos contienen cadmio.

Cuando es calentado a altas temperaturas, emite humo tóxico. Es un probable cancerígeno, pueden causar un serio envenenamiento sistemático, daño celular y posible muerte. Ingerirlo e inhalarlo puede causar daños irreversibles al pulmón, riñones, hígado y sangrado así mismo unas sofocaciones, náuseas, vómitos, diarrea y muerte.

El Cromo Hexavalente (Cromo VI+). El cromo hexavalente todavía se usa para proteger de la corrosión de piezas nuevas y chapas de acero galvanizado y como decoración o endurecedor. Atraviesa las membranas celulares fácilmente y es entonces absorbido, produciendo varios efectos tóxicos en las células contaminadas, puede ocasionar úlceras, convulsiones, daños en el hígado y riñón causando una posible muerte. El cromo VI puede causar daño al ADN y es extremadamente tóxico en el ambiente.

El Fósforo y Aditivos. El fósforo es un compuesto químico inorgánico que es aplicado como recubrimiento en el interior de la placa frontal de los monitores de tubos de rayos catódicos (CRT). El fósforo afecta la resolución de visualización y luminancia de las imágenes que se ven en el monitor. Los riesgos del fósforo en

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

CRTs no son bien conocidos o reportados, pero la Armada Americana no ha escatimado las palabras sobre los riesgos involucrados en algunas de sus directrices: "NUNCA toque la capa del fósforo de un CRT: es sumamente tóxico. Si usted rompe un CRT, limpie los fragmentos de vidrio muy cuidadosamente. Si usted toca el fósforo busque asistencia médica inmediatamente." El recubrimiento de fósforo contiene metales pesados, como el cadmio y otros metales, por ejemplo el zinc, el vanadio, etc., utilizados como aditivos. Estos metales y sus compuestos son muy tóxicos. Éste es un riesgo serio propuesto para aquéllos que desmantelan CRTs a mano.

El Mercurio. El mercurio puede causar el daño a varios órganos incluso el cerebro y riñones, así como a fetos. El envenenamiento por mercurio se produce a través de ingestión, absorción por la piel. Los efectos sistemáticos incluyen dolores de cabeza, cambios hepáticos, dermatológicos, fiebre, efectos reproductivos adversos. Incluso puede causar cáncer. Se debe resaltar que el feto en vías de desarrollo es muy susceptible a través de la exposición maternal al mercurio. Cuando el mercurio inorgánico se extiende en las aguas superficiales, se transforma al metilato de mercurio en los sedimentos del fondo. El metilato de mercurio se acumula fácilmente en los organismos vivientes y se concentra a través de la cadena alimenticia, particularmente en los peces.

Se estima que se usan 22% del consumo del mundo anual de mercurio en equipo eléctrico y electrónico. Es usado en termostatos, sensores, relevos (relays), interruptores (por ejemplo en tarjetas de circuito impreso y equipos de medición), equipo médico, lámparas, teléfonos móviles y en baterías. El mercurio también es usado en pantallas de panel plano, lo cual probablemente aumentará su uso ya que este tipo de pantalla reemplaza las de tubos de rayos de catódicos.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Plásticos Incluyendo el PVC. Los plásticos constituyen en promedio 13.8 libras en un computador. El volumen más grande de plástico (26%) usado en la electrónica ha sido el polivinilo cloruro (PVC). El PVC es principalmente encontrado en el cableado y alojado en la estructura de la computadora, aunque muchos moldes de computadoras son actualmente hechos con los 15 plásticos ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), los cuales son algo más benignos. El PVC es usado por sus propiedades como retardante ante el fuego. Como ocurre con muchos otros compuestos que contienen cloro, pueden formarse las dioxinas y furanos (sustancias muy tóxicas) cuando el PVC se quema dentro de un cierto rango de temperatura.

Además de la contaminación ambiental se cree que las dioxinas y furanos bioacumulados son causantes de cáncer, sarpullido, leves daños al hígado, y excesivo vello corporal, además se especula que a ciertos niveles y a determinados periodos pueden causar efectos sobre el desarrollo reproductivo.

El Plomo. Los efectos negativos del plomo son bien establecidos y reconocidos. Se prohibió primero en la gasolina en los años setenta. Es un contaminante del aire que puede afectar todas las áreas de un ecosistema. El plomo causa daño a los sistemas nerviosos central y periférico, los sistemas sanguíneos, riñones y el sistema reproductor en los humanos. Se han observado efectos en el sistema endocrino y se documentan bien sus efectos negativos en el desarrollo del cerebro de niños.

El plomo también es un posible cancerígeno, se acumula en el ambiente y tiene efectos agudos y crónicos en las plantas, animales y organismos microscópicos.

Las aplicaciones principales del plomo en las computadoras son: empaquetaduras y juntas en los paneles de vidrio y monitores de la computadora (3-8 libras por monitor), soldado en las tarjetas de circuitos impresos y otros componentes. Este

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

elemento es añadido al vidrio como un escudo protector de la radiación producida por los tubos de rayos catódicos.

Retardantes de Llama Bromados (BFRs). Se utilizan BFRs en los moldes plásticos del equipo electrónico y en las tarjetas del circuito para prevenir su inflamabilidad, pero cuando se quema o se incinera puede formar dióxido de bromo. Estos compuestos son casi insolubles en agua y primariamente hallados en sedimentos de lagos contaminados así como en ríos. Debido a su solubilidad en grasas ellos se hallan frecuentemente en altos niveles de grasa corporal y puede ser transmitido a través de la leche materna.

Más del 50% de los BFRs usados en la industria de la electrónica se encuentra constituido por tetrabromobisfenol-A (TBBPA), 10% son los polibrominados difenil éteres (PBDEs) y menos de 1% los bifenilos polibromados (PBB). Algunos BFRs han sido objeto de exclusión por el Parlamento Europeo entre los años de 2003 y 2005, dado su carácter contaminante y de alta peligrosidad.

Toners. Uno de los desechos presentes en los periféricos de la computadora que después de ser consumido se convierte en residuo electrónico es el cartucho plástico de la impresora que contiene el toner negro y el de color. El ingrediente principal del toner negro normalmente es un pigmento llamado carbono negro, el término es usado generalmente para describir el polvo comercial de carbono. La inhalación es la principal vía de exposición, y la exposición aguda puede llevar a la irritación del tracto respiratorio. La Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer ha clasificado el carbono negro como una clase carcinógena 2B, lo cual indica que es un posiblemente carcinogénico a los humanos. Para los toners coloreados existe una limitada información recolectada referente a los riesgos que puede generar en la salud humana. Algunos informes indican que tales toners (azul, amarillo y rojo) contienen metales pesados.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

4.2 GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

4.2.1 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN

La gestión de los residuos electrónicos en el país tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración, compatibilización y aplicación de las políticas, planes, programas estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos, sin embargo hasta la fecha el Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial solo ha comenzado a dirigir su mirada hacia la problemática de los residuos electrónicos o lo que hasta el momento es la compubasura. Afortunadamente se ha iniciado la gestión y dicho ministerio anuncia que está preparando drásticas medidas que mantengan lejos de Colombia toda la basura tecnológica y se está trabajando una estrategia integral en llave con fabricantes, importadores, distribuidores, empresas de aseo y rellenos.

4.2.2 LINEAMIENTOS DE POLÍTICA

Las futuras normatividades tendientes al control y aprovechamiento de los residuos electrónicos deben enmarcarse dentro de la política nacional ambiental y los principios establecidos en la constitución nacional y el código de recursos naturales.

La gestión y manejo de los residuos electrónicos deben contemplar los siguientes lineamientos de política, que podrán ser exigibles programáticamente, en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento:

1. Desarrollar acciones de educación y capacitación para una gestión de los residuos electrónicos eficiente, eficaz y sostenible.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

2. Adoptar medidas de minimización de residuos electrónicos, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad.

3. Establecer un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos electrónicos, desde la generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y el ambiente.

4. Adoptar medidas para que la contabilidad de las entidades que generan o manejan residuos electrónicos refleje adecuadamente el costo real total de la prevención, control, fiscalización, recuperación y compensación que se derive del manejo de este tipo de residuos.

5. Desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos electrónicos y su manejo adecuado.

6. Fomentar el reaprovechamiento de los residuos electrónicos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.

7. Promover el manejo selectivo de los residuos electrónicos y admitir su manejo conjunto, cuando no se generen riesgos sanitarios o ambientales significativos.

8. Establecer acciones orientadas a recuperar las áreas afectadas por la descarga inapropiada e incontrolada de los residuos electrónicos.

9. Promover la iniciativa y participación activa de la población, la sociedad civil organizada, y el sector privado en el manejo de los residuos electrónicos.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

10. Fomentar la formalización de las personas o entidades que intervienen en el manejo de los residuos electrónicos.

11. Armonizar las políticas de ordenamiento territorial y las de gestión de residuos sólidos, con el objeto de favorecer el manejo adecuado de los residuos electrónicos, así como la identificación de áreas apropiadas para la localización de instalaciones de tratamiento, transferencia y disposición final.

12. Fomentar la generación, sistematización y difusión de información para la toma de decisiones y el mejoramiento del manejo de los residuos electrónicos.

13. Establecer acciones destinadas a evitar la contaminación del medio acuático, eliminando el arrojado de residuos electrónicos en cuerpos o cursos de agua.

14. Asegurar que las tasas o tarifas que se cobren por la prestación de servicios de recolección, tratamiento y disposición de residuos electrónicos, se fijan en función de su costo real, calidad y eficiencia.

15. Definir planes, programas, estrategias y acciones transectoriales para la gestión de residuos electrónicos, conjugando las variables económicas, sociales, culturales, técnicas, sanitarias y ambientales.

➤ **Competencias del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**

1. Coordinar con las autoridades sectoriales y municipales la debida aplicación de la normatividad ambiental relacionada con los residuos electrónicos.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

2. Promover la aplicación de planes integrales de gestión ambiental de residuos electrónicos en las distintas ciudades del país, de conformidad con lo establecido con la normatividad ambiental vigente.
3. Incluir en informes nacionales el estado del ambiente, el análisis referido a la gestión y el manejo de los residuos electrónicos.
4. Incorporar en el Sistema Nacional Ambiental -SINA-, información referida a la gestión y manejo de los residuos electrónicos.
5. Resolver, en última instancia administrativa, los recursos impugnativos interpuestos con relación a conflictos entre resoluciones o actos administrativos emitidos por distintas autoridades, relacionados con el manejo de los residuos electrónicos.
6. Articular la gestión de residuos sólidos con la de residuos electrónicos, mediante el marco estructural de gestión ambiental, establecido por la normatividad ambiental vigente y la aprobación de políticas, planes y programas de gestión transectorial de residuos electrónicos.
7. Regular a través del Ministerio de Salud, lo siguiente:
 - a) Los aspectos técnico-sanitarios del manejo de residuos electrónicos incluyendo los correspondientes a las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación.
 - b) El manejo de los residuos sólidos de establecimientos de atención de salud, así como de los generados en campañas sanitarias.
8. Regular a través del Ministerio de Transporte, lo siguiente:

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

El ministerio de transportes, regulará en la gestión de los residuos electrónicos, su transporte en las vías nacionales y regionales, así como la prevención de los riesgos asociados a la movilización de estos materiales mediante la reglamentación y posterior vigilancia sobre los encargados de su ejecución.

➤ Competencia de las autoridades sectoriales

La gestión y el manejo de los residuos electrónicos, que se realicen dentro del ámbito de las áreas productivas, institucionales o personales, deben ser normalizados, fiscalizados y sancionados por los organismos regulatorios o de fiscalización sectorial correspondientes. Es así como las entidades sectoriales del estado deben cumplir con las siguientes responsabilidades:

1. Aprobar los planes de manejo ambiental y emitir opinión técnica favorable, previamente a la aprobación de los proyectos de plantas de transferencia, tratamiento y rellenos sanitarios.
2. Declarar zonas en estado de emergencia sanitaria por el manejo inadecuado de los residuos electrónicos.
3. Administrar y mantener actualizado el registro de las empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos y de las empresas comercializadoras de material recuperado.
4. Vigilar el manejo de los residuos sólidos debiendo adoptar, según corresponda, las siguientes medidas:
 - a) Inspeccionar y comunicar a la autoridad sectorial competente las infracciones detectadas al interior de las áreas e instalaciones indicadas en el inciso anterior, en caso que se generen impactos sanitarios negativos al exterior de ellas.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- b) Disponer la eliminación o control de los riesgos sanitarios generados por el manejo inadecuado de residuos electrónicos.
- c) Requerir con la debida fundamentación el cumplimiento de la normatividad ambiental a la autoridad municipal, bajo responsabilidad.

4.2.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS

Un factor crítico en cualquier esquema de manejo ambiental es el relacionado con las etapas de recogida, manipulación y transporte de los residuos hasta las plantas de tratamiento, y desde ahí hasta el mercado de los materiales reciclados.

Para cumplir a cabalidad con los objetivos del sistema de recolección de residuos electrónicos se tendrán en cuenta tres fases: evaluación, divulgación y operación.

4.2.3.1 Fase de Evaluación

La implementación de un sistema de recolección de residuos electrónicos debe iniciar por una fase de evaluación y selección de logísticas adecuadas, la realización de estimaciones detalladas de costes y la planificación y realización de experiencias piloto que permitan implementar esquemas de reciclado con mayores garantías de éxito.

4.2.3.2 Fase de Divulgación

Para realizar una experiencia piloto de campaña de recolección de residuos de aparatos electrónicos provenientes de las computadoras, se deben ejecutar acciones de información, sensibilización y educación a los usuarios para un manejo responsable de estos residuos, la cual debe estar impulsada por el ministerio del medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial y cofinanciada por los principales fabricantes e importadores de equipos y consumibles.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Dichas acciones de información y sensibilización se generan mediante la difusión de la campaña en los siguientes medios:

- Medios de información nacionales y locales.
- Información continua a través de una página Web y teléfonos.
- Anuncios en prensa.
- Reparto de carteles y trípticos.

Pretendiendo fundamentalmente los siguientes objetivos:

- Divulgar y concienciar al sector doméstico y al sector profesional de la sociedad acerca de la importancia de la recogida selectiva, el reciclaje y la gestión adecuada de los residuos electrónicos provenientes de los computadores y de la importancia de su colaboración.
- Dar cumplimiento a la legislación vigente y futura en la materia.
- Dotar a la comunidad de infraestructura para garantizar la adecuada gestión de los residuos electrónicos provenientes de los computadores.

4.2.3.3 Fase de Operación

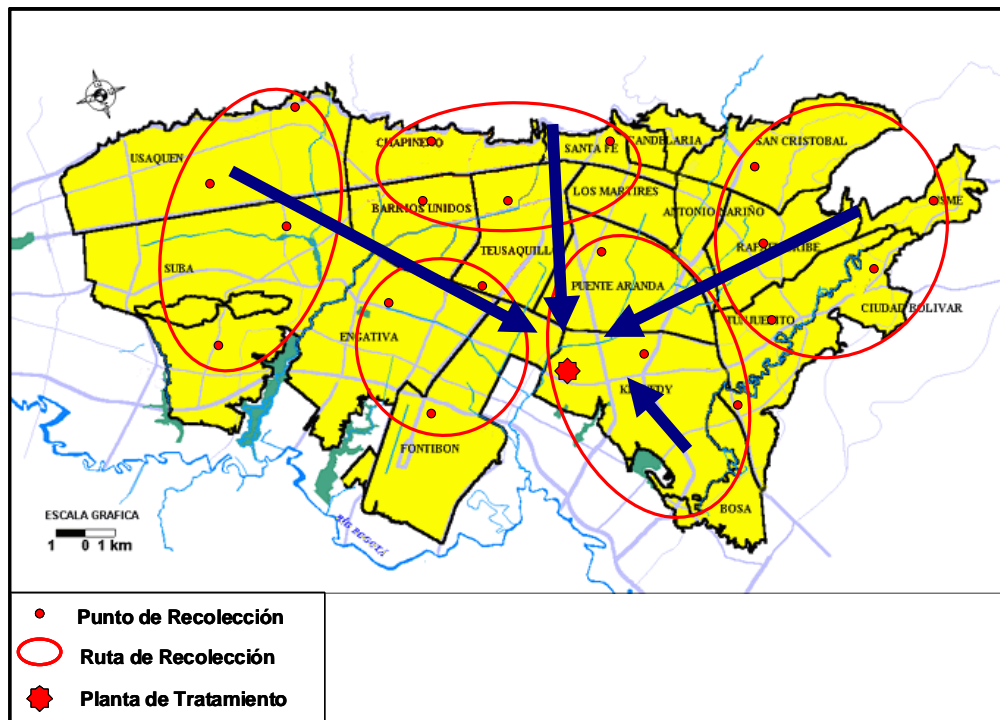
La fase operativa consiste en distribuir en diferentes puntos de la ciudad, centros de recepción sistematizados de RAEC, en los cuales los usuarios pueden depositar gratuitamente este tipo de residuos. Los puntos de ubicación se seleccionarán de acuerdo al esquema de recogida selectiva planteado por los distintos flujos de residuos electrónicos a considerar y tras previo acuerdo del organismo o establecimiento que contribuya con la iniciativa local o nacional. Para lo cual se pueden seleccionar varias tipologías distintas de establecimientos:

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- Almacenes de cadena
- Servicios Técnicos
- Entidades locales y supramunicipales
- Puntos limpios
- Universidades

Con la selección de estas tipologías de puntos, se da cobertura por una lado a la recogida de los residuos computacionales de origen doméstico y por otro a la recogida de los residuos computacionales de origen no doméstico o profesional.

Figura 3. Ejemplo de un sistema de recolección de residuos computacionales en Bogotá



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Pero no se trata sólo de colocar contenedores, sino de crear una línea de recolección que tiene que estar unida a acuerdos con empresas que se encarguen de gestionar esos residuos.

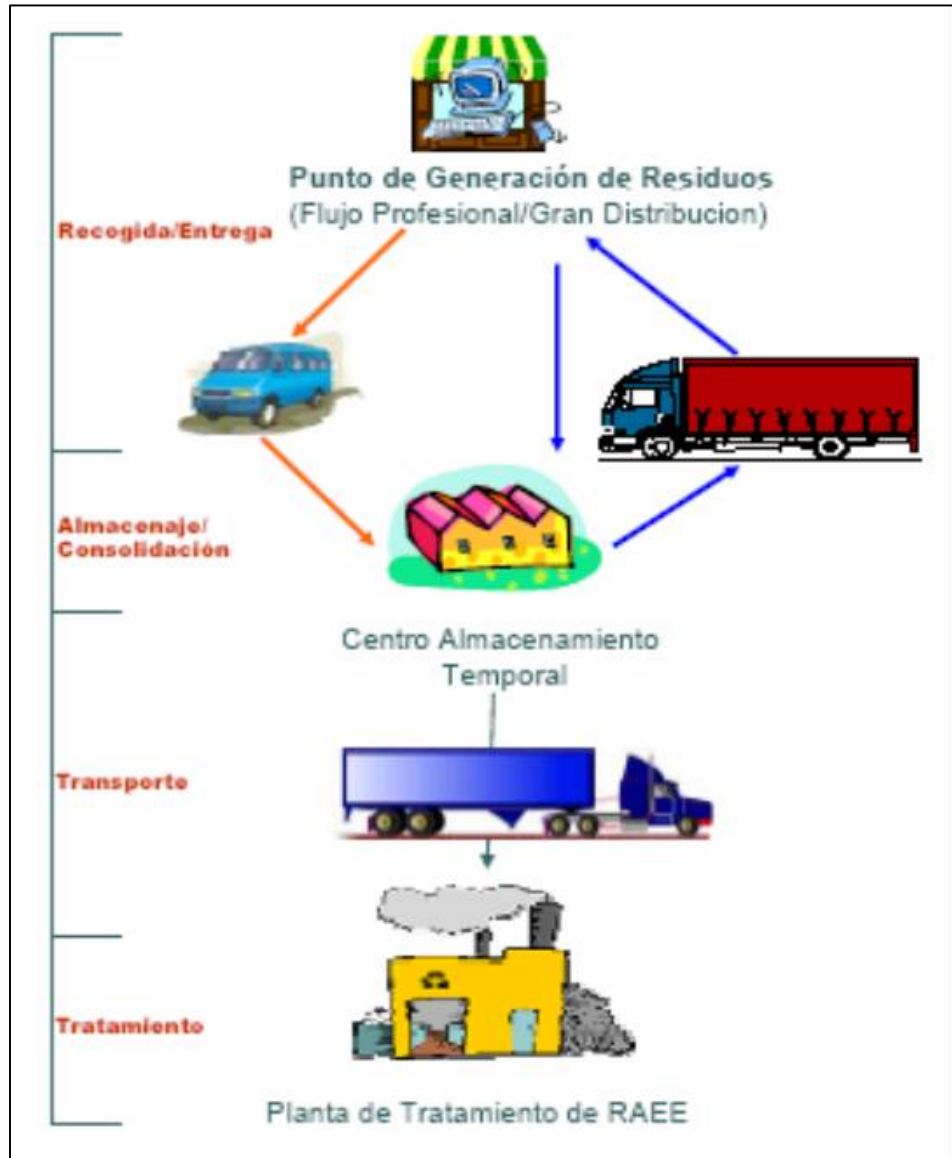
Para las administraciones locales es básico iniciar colaboraciones con fabricantes y distribuidores, para que sean ellos mismos quienes se comprometan a recoger los equipos que se les quedan obsoletos a sus clientes. Hasta ahora los distribuidores e instaladores de equipos no disponen de sistemas para el transporte y reciclado de estos residuos.

Para los residuos de flujo industrial o institucional la gestión es directa, es decir, a través de contratos, convenios, etc. Los aparatos fuera de uso se retiran mediante vehículos autorizados directamente de las instalaciones donde estén almacenados.

En el caso en que se requiera transportar este tipo de residuos desde otras ciudades del país hasta la planta de tratamiento, se deben gestionar convenios con empresas de transporte de carga terrestre y aéreo, resaltando y valorando su compromiso de apoyar social y ambiental al país.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Figura 4. Esquema simplificado de recolección de residuos computacionales.



Paralelamente se debe garantizar que los residuos recogidos de forma selectiva se transporten a estaciones de transferencia o directamente a las instalaciones de tratamiento autorizadas, con el total cumplimiento del decreto 1609 de 2002, referente al transporte terrestre y manejo de mercancías peligrosas, los cuales comprenden todas las operaciones y condiciones relacionadas con la movilización

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

de estos productos, la seguridad en los envases y embalajes, la preparación, envío, carga, segregación, trasbordo, trasiego, almacenamiento en tránsito, descarga y recepción en el destino final.

4.2.4 ESQUEMAS DE TRATAMIENTO MÁS ADECUADOS PARA LA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS GENERADOS

La aceleración del consumo en los últimos veinte años de equipos electrónicos computacionales a nivel doméstico e institucional, trae como consecuencia la aparición de residuos de este tipo. La peligrosidad potencial para el medio ambiente de algunos de sus componentes exige un tratamiento correcto y especializado de los mismos. Frente al vertimiento o la incineración, el reciclaje permite, previo tratamiento de los componentes potencialmente peligrosos, devolver al ciclo económico materias primas como vidrio, plásticos, hierro, cobre, aluminio, zinc, metales preciosos, etc. Se contribuye así a la preservación de los recursos naturales no renovables y a evitar el desperdicio de energía.

Dentro de esta misma filosofía y buscando una solución a este problema de disposición, ciertas organizaciones ambientalistas han creado una estructura de reciclaje que reduce los desperdicios en la fuente y permite que lo que no se pueda reducir se recicle. La efectividad de esta estructura de reciclaje es casi total según la compañía Summit's Electronic Recycling.

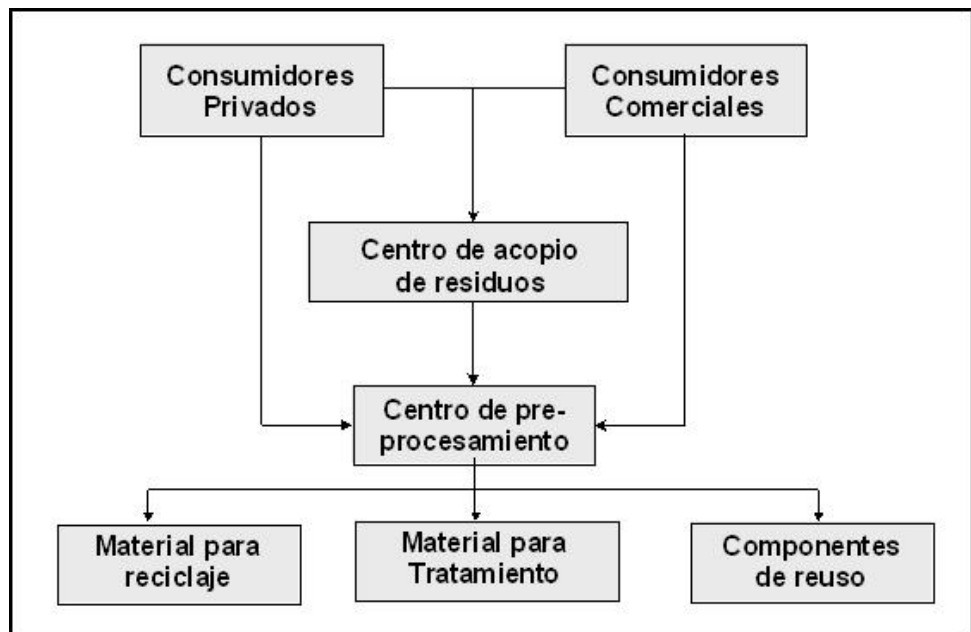
Esta estructura de recuperación, reducción y reciclaje se compone de 4 partes:

- ✓ Reuso: Utiliza las partes o componentes de otros sistemas para mejorar el propio. Crea productos nuevos usando las partes que no se puedan usar según el diseño original.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- ✓ Reducción: Considera alquilar o mejorar computadoras en vez de comprar nuevas. Comparte la computadora propia y compra sólo el equipo que necesita.
- ✓ Donación: Dona el equipo a un vecino, a escuelas, a caridades o a cualquier otra persona o entidad que necesite el mismo.
- ✓ Reciclaje (desmanufacturación): Luego de desmontar el equipo, el metal, el plástico y el vidrio se procesan para ser reusados. No descarta computadoras que no se puedan reparar o componentes que no se necesiten, sino que los lleva a los centros de acopio. Sin embargo, es la alternativa más cara.

Figura 5. Ciclo de manejo de residuos computacionales



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

4.2.4.1 Donación Y Reuso

Dados los costos de adquisición en Colombia de una computadora de escritorio, el número de equipos que se reusan y se reacondicionan para el trabajo personal es considerablemente alto. Sin embargo, tanto las instituciones públicas como privadas renuevan sus inventarios, generando la oportunidad de donar esos equipos de menor capacidad operativa a instituciones educativas públicas del país, mediante el reacondicionamiento, ensamble y mantenimiento de equipos, tal y como lo viene realizando el programa nacional Computadores Para Educar.

El proceso de reacondicionamiento de computadores susceptibles de donación se resume a continuación:

- **Recepción de equipos:** Después de ser recogidos en el domicilio del donante, los computadores se transportan y reciben en los centros de reacondicionamiento. En cada centro debe existir un área destinada a la recepción de los equipos.
- **Clasificación:** En la zona de clasificación de partes, los computadores se separan en sus diferentes componentes: CPUs, teclados, ratones, monitores, impresoras, etc. Cada tipo de parte se almacena en un contenedor específico.
- **Almacenamiento en bodega:** Los contenedores con cada tipo de partes se llevan a una zona de bodega, donde se almacenan temporalmente.
- **Prueba de la CPU:** Las CPUs se llevan hasta el área de pruebas, donde se destapan para comprobar la existencia y estado de sus diversos componentes, tales como disco duro, memoria RAM, motherboard, fuentes de poder, etc. Deben ser encendidas para proceder a determinar las especificaciones del equipo y realizar un formateo de bajo nivel al disco duro, el cual asegura la no

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

recuperación de información almacenada previamente por la empresa donante. Finalmente, el equipo se identifica con sus especificaciones técnicas y estatus.

- **Reparación:** En el área de reparación, se arreglan algunos dispositivos tales como monitores, impresoras y drives de 3.5".
- **Reposición de partes de almacén:** Siguiendo la cadena del proceso se revisan las partes del computador, y de encontrar alguna defectuosa, se cambia por otra en el almacén de partes. Las partes defectuosas se llevan a la estación de reparación para determinarse si pueden ser reparadas.
- **Ensamble e instalación de software:** Se realiza el ensamble e instalación de software, durante el cual se arma el equipo con todos sus componentes internos y externos, se revisa minuciosamente el estado de cada uno de ellos, se realizan pruebas de funcionamiento a cada componente, y finalmente se efectúa la instalación del sistema operativo y el tipo de software necesario según sea el caso, todos ellos en versiones acordes con el tipo de máquina. El software instalado debe tener sus correspondientes licencias legales, donadas por una firma comercial.
- **Control de Calidad:** Se debe realizar una prueba de fatiga al computador, utilizando un software que realiza en una hora el trabajo equivalente a 8 horas de uso continuo del computador. El superar esta prueba garantiza las excelentes condiciones de funcionamiento del equipo.
- **Limpieza:** Los computadores deben ser limpiados exteriormente utilizando alcohol isopropílico. Durante esta operación, todas las manchas, stickers, y demás residuos se remueven, para recobrar la apariencia de un computador nuevo.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

- **Preempaque:** El computador se empaqueta al vacío en bolsas plásticas selladas. La CPU se embala en una bolsa individual, el monitor en otra, el teclado y el ratón en una tercera.

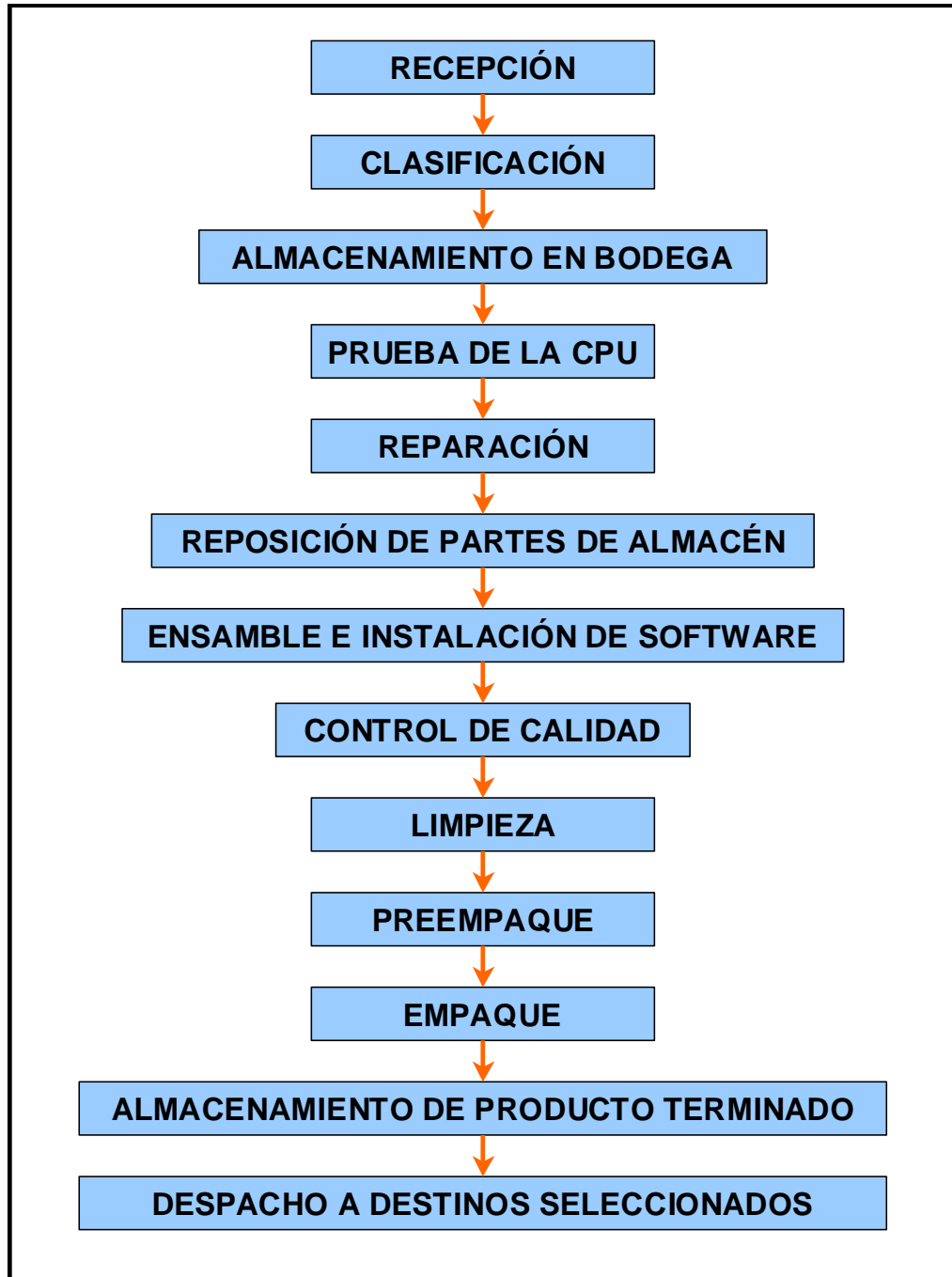
- **Empaque:** El computador se empaqueta en cajas de cartón especiales para computador, se rodea de preformas de icopor para su amortiguación y se sella con cinta especial. En la parte exterior debe colocarse un sticker con las especificaciones del equipo empacado.

- **Almacenamiento de producto terminado:** Las cajas se apilan en estibas, selladas con plástico stretch y se almacenan en bodega como producto terminado.

- **Despacho a destinos seleccionados:** Los computadores pueden ser transportados por vía terrestre, aérea o marítima hasta los destinos seleccionados para ser beneficiados.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

**Figura 6. Esquema de reacondicionamiento de equipos computacionales
para su reuso**



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

4.2.4.2 Reciclaje

El proceso de reciclaje se iniciará con la transportación de los desperdicios desde el lugar de generación hasta las instalaciones del programa de reciclaje. En estas instalaciones, llega al área de recibo del equipo y se verifica el número de serie. Luego de recibir el equipo y la verificación, éste se transporta al área de clasificación y evaluación. En esta área un técnico evalúa el equipo para decidir el proceso de reciclaje al cual será sujeto. El técnico evalúa el equipo utilizando los siguientes criterios para decidir si la computadora será reusada o desmanufacturada:

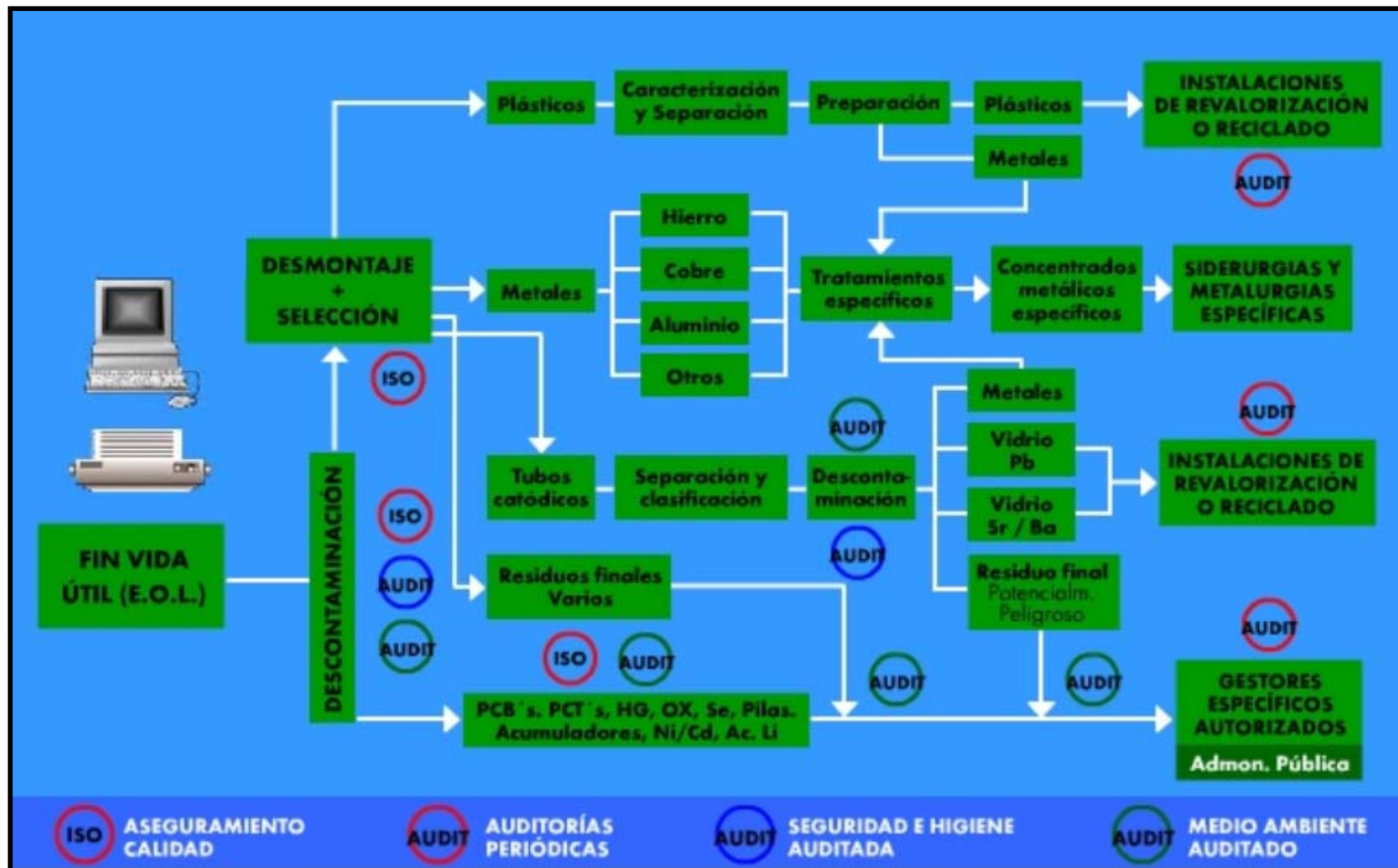
- ❖ Si el procesador es uno para el cual existen programas.
- ❖ Si está arreglado y es compatible con programas que se estén usando en el momento con tan sólo cambiar una o dos piezas.
- ❖ Si la computadora tiene daños físicos que la hacen obsoleta.
- ❖ Si tiene más utilidad en piezas para otras computadoras o como unidad íntegra.
- ❖ Necesidad de unidades en este momento.
- ❖ Método con el que se obtendría mayor ganancia.

Si la computadora no tuviese arreglo, pasa al proceso de desmanufacturación, obteniéndose los siguientes materiales:

- Materiales reciclables.
- Materiales no reciclables.
- Metales preciosos.
- Desperdicios sólidos peligrosos.
- Piezas para reparar otras computadoras.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Figura 7. Esquema de reciclaje de equipos computacionales



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Proceso De Desmanufacturación

➤ **Descontaminación**

Cuando la reutilización no es posible, los residuos electrónicos provenientes de computadores son desguazados y sus materiales deben ser reciclados. Todos los equipos se deben someter a un proceso de descontaminación para separar los componentes potencialmente peligrosos. Las etapas de descontaminación previa y desensamblado originan fracciones que requieren un tratamiento especializado.

➤ **Desensamblado y selección**

Disponer de tecnologías de desensamblado adecuadas (automatizadas o automáticas) es un factor competitivo que puede permitir a un reciclador diferenciarse de su competencia; son etapas necesarias cuando estamos tratando residuos complejos y en especial para aquellos que incorporan componentes peligrosos que es necesario retirar antes de proceder a cualquier otra operación de reciclaje o valorización.

Durante la clasificación previa de las piezas grandes de plástico y metal de fácil desmonte, se procede a la identificación directa del material recuperable evitando la presencia de Cd, Pb, Cr (VI), Hg y compuestos bromados pertenecientes a las familias de aditivos retardadores de llama; los plásticos que cumplen esta condición son destinados a reciclaje.

El desensamblado del vidrio contenido en los residuos está dificultado por el contenido de plomo de muchas fracciones, en especial pertenecientes a los tubos de rayos catódicos. No es viable actualmente la separación, así que el producto ha de reciclarse en industrias que utilicen vidrio plomado, o bien aprovechar que se

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

trata de un residuo inertizado para disponerlo en vertedero como material de rechazo.

La fracción compleja rica en metales (Tarjetas de Circuitos Impresos, TCI) producto del desensamblado y una exhaustiva clasificación, debe ser separada, molida y sometida a clasificaciones, básicamente mediante procesos mecánicos y electromagnéticos que permiten separar los metales y obtener concentrados aptos para incorporarlos como materias primas secundarias al circuito económico actual.

Las tarjetas de circuitos impresos son un componente esencial en todos estos aparatos electrónicos, ya que sobre ella van ensamblados los componentes electrónicos, conectores, integrados, etc. Están formados por plásticos termoestables y fibra de vidrio que constituyen el soporte aislante y por diversos metales con diferentes funciones como el cobre, metales preciosos, metales pesados, etc., susceptibles de ser recuperados para nuevas aplicaciones. Además contienen resinas con retardantes de llama tales como tetrabromobifenil o tetrabromoetileno.

➤ Desoldado de la fracción compleja

Tradicionalmente la soldadura más utilizada en las tarjetas de circuitos impresos, aunque denominada de estaño, es una aleación de estaño con plomo (63% Sn y 37% Pb). La soldadura SnPb se ha empleado casi en exclusiva en la industria electrónica debido a su bajo costo, alta flexibilidad y características únicas (bajo punto de fusión, resistencia a la fatiga, etc). Sin embargo, como consecuencia de la toxicidad del plomo y de los problemas medio ambientales derivados de su utilización, la legislación obligará a corto plazo a sustituir el plomo en dichas soldaduras por otras alternativas más favorables desde el punto de vista medioambiental.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Para realizar el desoldado o remoción de la soldadura presente en las tarjetas de circuitos impresos se han explorado alternativas que separan los componentes electrónicos de montaje superficial, entre ellas se pueden mencionar:

- Sistema de desoldado manual (poco efectivo).
- Sistema de calentamiento por infrarrojos.
- Refusión en fase vapor.
- Disolución química.
- Chorro de aire caliente focalizado (mejor técnica).

A continuación se presenta un pequeño esquema del proceso de desoldado realizado en una planta de reciclaje de residuos electrónicos:

Figura 8. Proceso de desoldado



➤ Separación de la fracción compleja por tratamientos fisicoquímicos

La clave del reciclado sigue estando en conseguir una buena calidad de separación, a un coste soportable por el valor de mercado de los materiales recuperados. Es necesario, por lo tanto, buscar un equilibrio entre esfuerzo (coste añadido) de separación y la pureza (valor residual) de los materiales recuperados.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

**Figura 9. Separación de las distintas fracciones obtenidas en función de sus
propiedades**



Es preciso combinar diferentes tecnologías de separación, buscando el mencionado equilibrio, sin perder de vista las particularidades de cada residuo (volúmenes a tratar, caudales necesarios de separación, coste máximo admisible, etc.)

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Las tecnologías de separación más comunes para el residuo de las fracciones complejas incluyen:

- Separación mecánica (molienda, trituración, cribas, tamizados).
- Separación electrostática.
- Separación fisicoquímica.

El reciclado nunca acaba en la separación, sino que necesariamente tiene que trasladar los materiales recuperados al mercado para su incorporación en nuevos productos. EL ideal del cierre del ciclo no es, desafortunadamente, siempre posible. La búsqueda de nuevos usos para los materiales reciclados incluye la concepción, diseño, desarrollo y validación de prototipos y, en muchas ocasiones, la adecuación de los procesos productivos a las nuevas materias primas.

➤ **Separación mecánica**

En función del contenido en metales preciosos las tarjetas de circuitos impresos se pueden clasificar en pobres, medias y ricas. Los procesos de reciclado de tarjetas de circuitos impresos están principalmente encaminados a recuperar los metales y sobre todo los metales preciosos que contienen para obtener finalmente concentrados metálicos que pueden ser empleados como materia prima en las fundiciones secundarias de los distintos metales (Cu, Al, Pb, Zn, acerías, etc).

Tras la clasificación, desensamblado y separación de las distintas tipologías de residuos, las fracciones de tarjetas de circuitos impresos pasan a un proceso de reciclado mecánico a través de las etapas de molienda y trituración.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Los tratamientos mecánicos de las tarjetas de circuitos impresos permiten obtener además de concentrados metálicos, otras fracciones de materiales no metálicos como la fibra de vidrio, que pueden ser aprovechados en otras aplicaciones, tales como rellenos o cargas.

El tratamiento mecánico de las tarjetas puede incluir operaciones sucesivas de molienda, separación de metales férricos, separación de metales no férricos (aluminio), cribado y separación por medios electrostáticos. En la gráfica 10 se muestra el proceso de trituración de las fracciones obtenidas en función de sus propiedades y en la gráfica 11 la fracción rica en metales y la fracción no metálica (fibra de vidrio y resinas termoestables) obtenidas por separación electrostática de un triturado de tarjetas de circuito impreso postconsumo.

➤ Separación Electrostática

La separación electrostática aprovecha la diferencia en la conductividad eléctrica de los distintos materiales para separarlos y concentrarlos. Se divide de acuerdo al método utilizado en separación por electroforesis y dielectroforesis, el primero involucra partículas cargadas eléctricamente y el segundo partículas neutras.

La electroforesis requiere la presencia de un campo eléctrico de alta intensidad y la inducción de cargas eléctricas en la superficie de las partículas. Existen 3 formas de cargar las partículas: bombardeo iónico, inducción y fricción.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Figura 10. Trituración de las fracciones obtenidas en función de sus propiedades

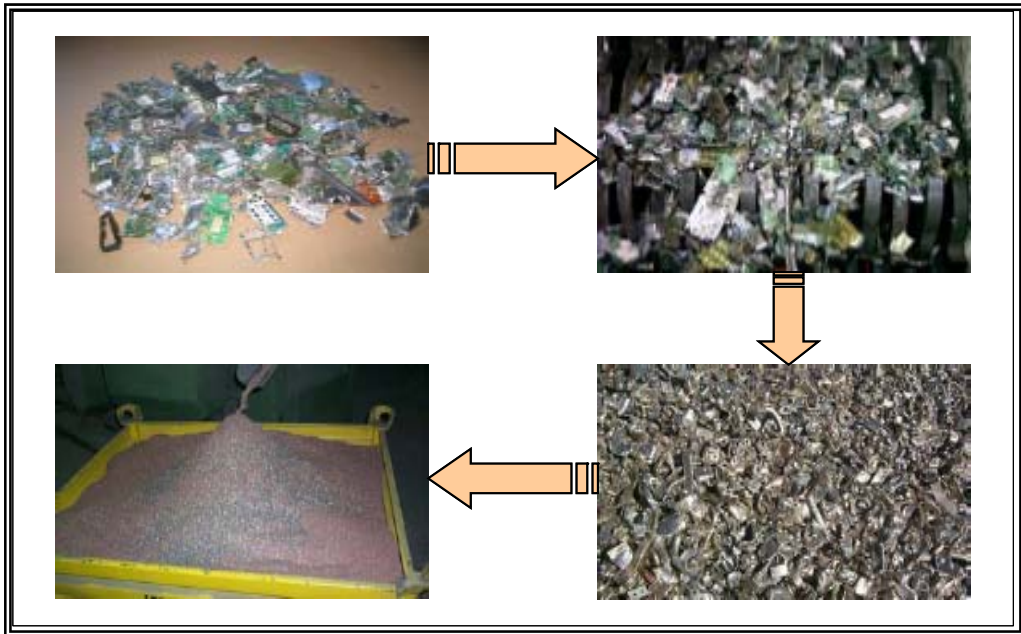


Figura 11. Concentrado metálico (derecha) y concentrado de resina y fibra de vidrio (izquierda)



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

Uno de los tipos más usados son los separadores electrostáticos de alta tensión constan básicamente de un cilindro rotatorio conectado a tierra el cual transporta la alimentación. Un campo eléctrico generado por un electrodo ionizador de corriente directa induce cargas del mismo signo en la superficie de las partículas mediante un bombardeo iónico. Las partículas conductoras pierden su carga sobre el tambor y son arrojadas de él por la fuerza centrífuga, seguidamente son sometidas a la atracción del campo electrostático de corriente directa. Las partículas no conductoras permanecen adheridas al tambor y van perdiendo su carga lentamente.

Aunque los plásticos no producen contaminación por ser materia inerte, sí provocan impacto ambiental e inconvenientes en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. En la actualidad esta técnica permite realizar el reciclaje de plástico y mejorar así nuestro medio ambiente.

➤ **Tratamiento por solvólisis**

Mediante el ataque con disolventes especiales en ciclo cerrado se consigue disolver los polímeros termoestables que embeben el tejido de fibras de vidrio de las tarjetas. Posteriormente se muelen para, o bien separar la fibra de vidrio y lograr una mejor concentración de metales o alternativamente, lograr una partida homogénea que contenga la fibra de vidrio junto con los metales.

El tratamiento químico consiste en pruebas de lixiviación ácida, directamente sobre el material molido, usando ácido sulfúrico como agente lixivante y peróxido de hidrógeno como agente oxidante. El procesos se realiza con control de temperatura entre 80 y 85°C. En general, para cada elemento, las mayores recuperaciones se producen bajo condiciones de control de temperatura, obteniéndose recuperaciones del orden de (% peso) 32% Al, 39% Cu, 71% Ni, 67% Mn y 87% Zn.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

➤ Tratamiento hidrometalúrgico

En líneas generales, consiste en una lixiviación ácida o cáustica de las tarjetas de circuitos impresos finamente molida para disolver los metales. Posteriormente, estas soluciones se someten a procesos de separación, tales como extracción con disolventes, precipitación, intercambio iónico, concentración o electrólisis para recuperar selectivamente los metales disueltos.

Una aplicación basada en tratamientos hidrometalúrgicos es cuando se desea recuperar ciertos componentes electrónicos en forma relativamente masiva de las tarjetas de circuitos impresos. El proceso consiste en utilizar un ácido dopado (es decir, cuyas propiedades eléctricas han sido alteradas mediante la adición controlada de pequeñísimas concentraciones de impurezas) para lograr la disolución selectiva de la soldadura sin dañar a los pines de conexión, con ello se logra liberar los componentes masivamente. Los metales disueltos procedentes de la soldadura se depositan en un cátodo mediante un proceso electroquímico. La placa base se tritura y junto a los componentes que no son interesantes se envían a la fundición de cobre para la recuperación de los metales.

➤ Tratamiento pirometalúrgico

Un proceso pirometalúrgico habitual para la recuperación de los metales contenidos en las tarjetas de circuitos impresos es la fundición secundaria de cobre. El proceso pirometalúrgico del cobre consta de cuatro etapas en las cuales se va obteniendo progresivamente un metal más puro, y son: (1) fusión, (2) conversión, (3) afinamiento térmico y (4) electrólisis.

Los procesos de los distintos fundidores son parecidos pero pueden presentar diferencias sensibles que podrían afectar el precio que ofrecen al reciclador por los concentrados metálicos.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

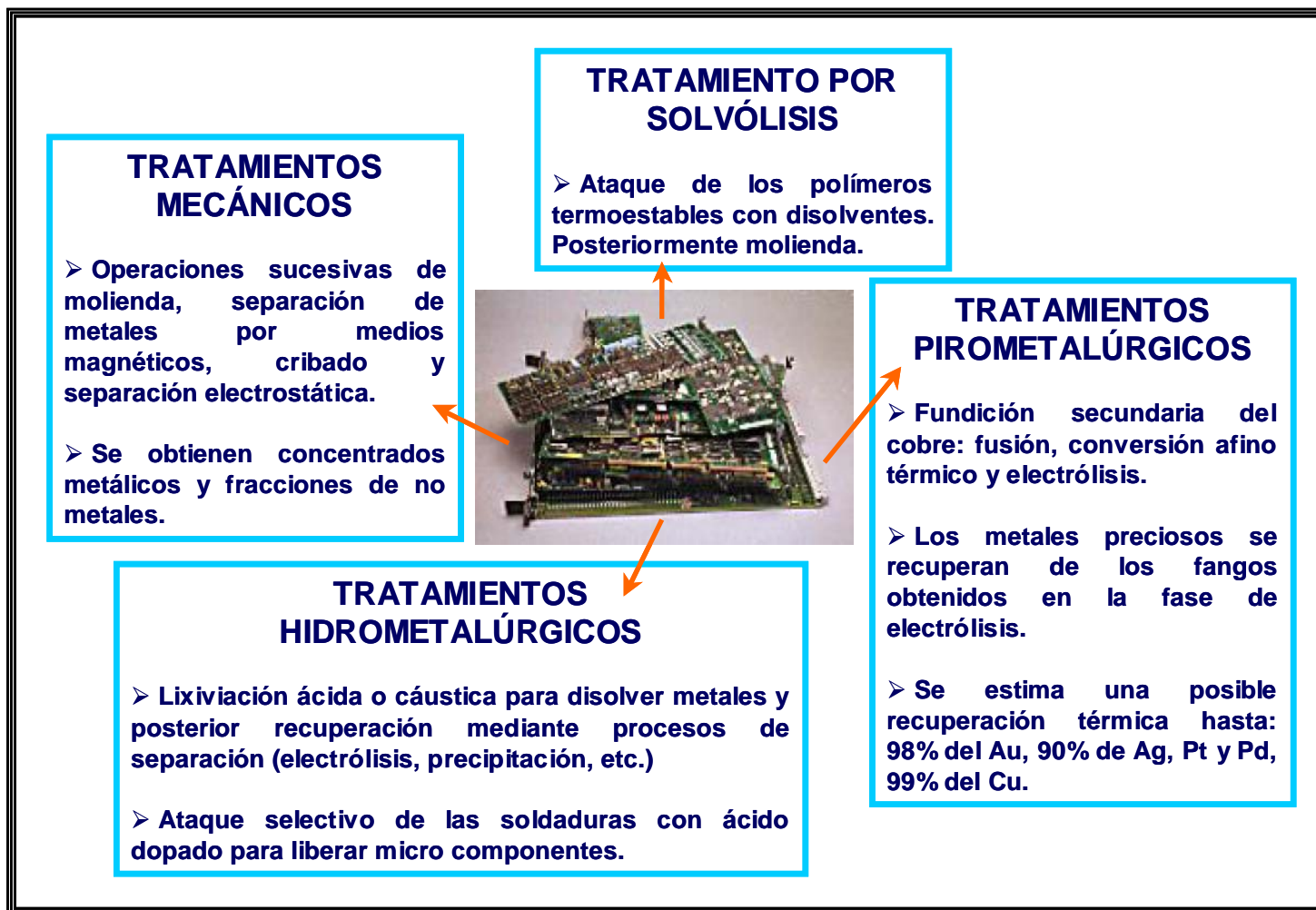
Las tarjetas de circuitos impresos postconsumo pueden enviarse sin tratamiento previo a la fundición de cobre, o bien, pueden ser sometidas por el reciclador a tratamientos mecánicos para obtener un material más concentrado en metales. En función de la concentración de metales el precio que se paga es distinto. Como norma general, y aunque con ciertas limitaciones, cuanto más concentrados están los metales que se envían a la fundición de cobre mayor es el precio que se paga por ellos. La presencia de determinadas impurezas puede significar una disminución del precio de los concentrados.

Los metales preciosos contenidos en los concentrados de metales de las tarjetas de circuitos impresos son retenidos en los fangos que se producen en la fase de electrólisis. Estos fangos se pueden tratar siguiendo dos procedimientos:

(1) Vía de plomo: es el proceso más popular y tradicional (los romanos emplearon un procedimiento para afinar oro y plata que en lo sustancial era el mismo).

(2) Vía hidrometalúrgica: un proceso más moderno pero poco extendido que presenta notables ventajas medioambientales respecto a la vía de plomo. Se estima que en las fundiciones de cobre se recupera el 98% del Au, 90% de Ag, Pt y Pd, el 99% del cobre entre otros metales procedentes de tarjetas de circuitos impresos. Desde el punto de vista de las fundiciones de cobre, el antimonio y el bismuto deberían evitarse en las soldaduras libres de plomo en la medida de lo posible.

Figura 12. Resumen de tratamientos fisicoquímicos



PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

El material reciclable se clasifica, empaca y vende a compañías que los reciclen. Los materiales no reciclables se descartan de la forma más ambientalmente segura. No se puede recalcar demasiado que sólo un mínimo del material recibido no será reciclado. Obviamente, esto dependerá de la efectividad con que se aplique el sistema propuesto en este trabajo. Otro factor que se debe tener en perspectiva al iniciar un proyecto de esta categoría es el solicitar ante la autoridad ambiental competente el permiso como generador de desperdicios sólidos peligrosos.

Esto es necesario debido a que los cristales de los monitores que no sean reusados y se envíen al proceso de desmanufacturación sean dispuestos como desperdicio peligroso. Por esta razón, el proyecto tendrá que contratar los servicios de una compañía autorizada para el manejo, transporte y almacenamiento de los desperdicios sólidos peligrosos. Esta compañía se encargará de disponer los cristales de los monitores, entre otros, de una forma aceptada por la normatividad ambiental vigente.

Es indudable que la gestión de los residuos de computadores y similares requiere de la atención y la colaboración de toda la sociedad. Si bien la solución no es fácil, esta gestión puede generar nuevas oportunidades:

a) Económicas: La recuperación de los metales que contienen las computadoras (aluminio, cobre, níquel, zinc), más otros elementos como sílice, hierro, plomo, estaño, bario, manganeso, plata, tantalio, titanio, berilio, cobalto, antimonio, oro, selenio, rutenio, germanio, indio, etc., más el material plástico, representa una oportunidad de negocio que no puede ignorarse.

b) Sociales: La gestión de los residuos de computadores representa un motor de renovación socioeconómica, generando nuevas fuentes de empleo. Además, según el criterio de gestión, los equipos que se recuperan pueden emplearse en medios donde el acceso a equipamiento de última generación resulta inaccesible.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

c) Medioambientales: Según los expertos, un alto porcentaje de residuos de computadores y toda clase de residuos eléctricos y electrónicos son incinerados, enterrados en basureros sin tratamiento previo, con las consecuencias ya comentadas. Una correcta gestión de este tipo de residuos, conllevará a la eliminación de las fracciones más dañinas para el medioambiente: la extracción de materias primas y el desecho sin control de sustancias tóxicas.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

5. CONCLUSIONES

- Actualmente se advierte la falta de atención hacia el problema de los residuos eléctricos y electrónicos, incluyendo aquellos que provienen de las computadoras y similares, esto debido a la carencia de conocimientos sobre este particular por parte de los entes reguladores estatales.
- Existe una falta casi total de data estadística sobre la generación de residuos electrónicos provenientes de computadoras en Colombia, ninguna agencia del estado ha hecho estudios para generar los datos básicos que permitirían determinar el índice de consumo y generación en nuestro país.
- El manejo de los residuos eléctricos y electrónicos es sumamente complejo debido a los numerosos materiales que se usan en la manufactura de estos productos. Basándose en la información obtenida, se puede decir que algunos de los materiales con los cuales se manufacturan las computadoras son clasificados desperdicio peligroso y por tal razón, se deben manejar de acuerdo a las regulaciones que rigen la disposición de estos materiales.
- Es necesaria una norma para establecer los elementos esenciales del derecho a la salud y la protección del medio ambiente en relación con los residuos de equipos eléctricos y electrónicos (especificidad), evitando entrar en conceptos que puedan variar con el tiempo (actitudes humanas y comerciales, y fundamentalmente los cambios tecnológicos).

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- El fin último de cualquier esquema normativo referente a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, incluyendo aquellos que provienen de las computadoras y similares tiene como objetivo maximizar la prevención para asegurarse de que no se produce la disposición incontrolada y para minimizar los impactos medioambientales producidos a lo largo de la cadena de gestión de los residuos. Esta incluye los pasos de recolección, desmontaje, reutilización, tratamiento, reciclado y disposición final.
- El enfoque de la normatividad elegida debe incluir como prioridad proporcionar una guía de orientación para los productores, los operarios de los servicios de recolección y para las autoridades reguladoras respecto a las prácticas de procesamiento, las medidas preventivas y la certificación de las actividades de recolección, reciclado, recuperación y disposición final.
- Es necesario identificar la figura del productor (generador) en Colombia, ya que por la modalidad de comercialización esta figura se diluye y con ella se dificulta determinar su responsabilidad; así mismo el éxito de las prácticas de recolección, reutilización y tratamiento, dependen en gran medida, de la conciencia ambiental y de la adecuada distribución de responsabilidades entre productores, consumidores y estado.
- Un beneficio que se puede derivar al establecer un programa de reciclaje de residuos computacionales es el donar unidades o vender éstas a precios módicos a personas de escasos recursos económicos que de otra forma no tendrían acceso a esta tecnología.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES

- Es necesario fortalecer los programas de reacondicionamiento y reutilización de computadoras orientadas a la disminución de la brecha digital. Entendiéndose este último como la posibilidad de que un mayor número de personas acceda a la sociedad de la información; pero teniendo en cuenta que estas deben estar operativas y con cierto grado de modernidad.
- En el caso de los residuos de computacionales existe el riesgo de que dada la diversidad del tipo de residuo, pueda emerger una gran variedad de esquemas de gestión. Estos esquemas de gestión pueden ser operados por productores individuales, grupos de productores, mayoristas, municipios e industrias especializadas en gestión de residuos. La perspectiva a futuro es la creación de empresa que haga un manejo responsable de los residuos electrónicos en general, cuando hayan terminado su vida útil. Con esta idea se logra un correcto manejo social y ambiental de los excesos de este tipo de residuos.
- El gobierno nacional debe gestionar alianzas estratégicas con aquellos países que realizan eficientemente una gestión de residuos computacionales, garantizando así las mejores prácticas desde la perspectiva económica, social y ambiental en el desarrollo de modelos para los procesos de recolección, desmontaje, reutilización, tratamiento, reciclado y disposición final. Paralelamente generar mecanismos de reciprocidad con las principales empresas y pequeños distribuidores de aparatos eléctricos y electrónicos, incluyendo aquellos que provienen de las computadoras y similares, sin dejar de lado los instrumentos de control que deban ser aplicados cuando sean requeridos.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

BIBLIOGRAFÍA

- Action 21 Environment Canada, 1996. Toxics in compugarbage. Vancouver, Canadá.
- Boada Ortiz A., 2003. El reciclaje, una herramienta no un concepto. Universidad Externado de Colombia. Bogotá D.C..
- Escalante Hernández H., 2001. Lineamientos para elaborar una propuesta de investigación. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- López Salazar H., 2007. Política para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos generados en Colombia. [Monografía de especialista en ingeniería ambiental]. Universidad Industrial de Santander. Bogotá D.C.
- Miguel R., 2003. III Jornada Técnica Sobre Aparatos eléctricos y electrónicos, Círculos de innovación y tecnología. Universidad de Cádiz. España.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005. Política Ambiental para la gestión Integral de Residuos o desechos Peligrosos.
- Tange L. y Drohmann D., 2006. Alternativas de tratamiento de las fracciones de plásticos mixtos con retardantes de llama, Plásticos Universales, revista No. 109, Holanda.

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

REFERENCIAS DE INTERNET

- Castán Salinas A., 2005. Material informático y contaminación medioambiental, Revisión 1.9, España. Disponible en: <http://www.xtec.es/~acastan>

- Computadores Para Educar, 2007. Bogotá Colombia. Disponible en: <http://www.computadoresparaeducar.gov.co>

- Convenio de Basilea, Conferencia de las partes en el convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, 2004, Ginebra. Disponible en: <http://www.basel.int/links.htm>

- Ministerio del medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/juridica_normatividad/juridica.htm

- The Basel Action Network. The Digital Dump. Exporting Re-use and Abuse to Africa. Media release version. 24 October 2005. Disponible en: <http://www.ban.org>

- Secretariat of the Basel Convention, United Nations Environmental Program. 2003. Disponible en: <http://www.basel.int/about.html>

- González F., 2003. “El e-waste, un problema en aumento”, España. Disponible en: <http://www.laflecha.net/articulos/blackhats/ewaste>

- La Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, 2006. “La gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos”, Bruselas. Disponible en: <http://www.acrr.org/resourcities>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

- Motta G., 2000. “Reciclado de electrónicos: el gigante dormido”, Argentina. Disponible en:
<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=455>

- Radermaker F., 2003. “The role of local authorities in electric and electronic waste management”. Association of Cities and Regions for Recycling, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.acrr.org/prevention>

- United States Environmental Protection Agency, 2002. “Profile of the electronics and computer industry”, Publication: EPA/310-R-95-002, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.epa.gov/Compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/electronics.html>

ANEXOS

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

**ANEXO 1. SUSTANCIAS QUE COMPONEN UNA TÍPICA COMPUTADORA DE
ESCRITORIO Y SUS EFECTOS DESFAVORABLES A LA SALUD HUMANA Y
EL MEDIO AMBIENTE.**

ELEMENTO	EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Aluminio	<p>El Aluminio es uno de los metales más ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, el aluminio es comúnmente conocido como un compuesto inocente. Pero todavía, cuando uno es expuesto a altas concentraciones, este puede causar problemas de salud. La forma soluble en agua del Aluminio causa efectos perjudiciales.</p> <p>La ingestión de aluminio puede tener lugar a través de la comida, respirarlo y por contacto en la piel. La absorción de concentraciones significantes de aluminio puede causar un efecto serio en la salud como:</p> <p>Daño al sistema nervioso central, demencia, pérdida de la memoria, apatía, temblores severos.</p>
Antimonio	<p>Las personas que trabajan con antimonio pueden sufrir los efectos de la exposición por respirar polvo de antimonio. La exposición de los humanos al antimonio puede tener lugar por medio de la respiración, del agua potable y de la comida que lo contenga, pero también por contacto cutáneo con tierra, agua y otras sustancias que lo contengan. Respirar antimonio enlazado con hidrógeno en la fase gaseosa es lo que produce principalmente los efectos sobre la salud.</p> <p>La exposición a cantidades relativamente altas de antimonio (9 mg/m³ de aire) durante un largo periodo de tiempo puede provocar irritación de los ojos, piel y pulmones.</p> <p>Si la exposición continúa se pueden producir efectos más graves, tales como enfermedades pulmonares, problemas de corazón, diarrea, vómitos severos y úlceras estomacales.</p>
Arsénico	<p>El Arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los enlaces de Arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al Arsénico a través de la comida, agua y aire.</p> <p>La exposición puede también ocurrir a través del contacto con la piel con suelo o agua que contenga Arsénico.</p> <p>La exposición al Arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significantes cantidades de Arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Arsénico	<p>A exposiciones muy altas de Arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el Arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El Arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago.</p>
Bario	<p>Muchos vertederos de residuos peligrosos contienen ciertas cantidades de Bario. La gente que vive cerca de ellos posiblemente están expuestos a niveles dañinos. La exposición podrá entonces ser causada por respirar polvo, comer tierra o plantas, o beber agua que está contaminada con Bario. Por contacto en la piel puede también ocurrir.</p> <p>Los efectos sobre la salud del Bario dependen de la solubilidad de los compuestos. Compuestos del Bario que se disuelven en agua pueden ser dañino para la salud humana. La toma de gran cantidad de Bario que es soluble puede causar parálisis y en algunos casos incluso la muerte.</p> <p>Pequeñas cantidades de Bario soluble en agua puede causar en las personas dificultad al respirar, incremento de la presión sanguínea, arritmia, dolor de estómago, debilidad en los músculos, cambios en los reflejos nerviosos, inflamación del cerebro y el hígado. Daño en los riñones y el corazón.</p>
Cadmio	<p>Una alta exposición a este metal puede ocurrir con gente que vive cerca de los vertederos de residuos peligrosos. El Cadmio se acumula en los riñones, donde causa un daño en el mecanismo de filtración. Esto causa la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones. Lleva bastante tiempo antes de que el Cadmio que ha sido acumulado en los riñones sea excretado del cuerpo humano.</p> <p>Otros efectos sobre la salud que pueden ser causados por el Cadmio son:</p> <p>Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos, fractura de huesos, fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad, daño al sistema nervioso central, daño al sistema inmune, desordenes psicológicos, posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.</p>
Cobalto	<p>El Cobalto no está a menudo libremente disponible en el ambiente, pero cuando las partículas del Cobalto no se unen a las partículas del suelo o sedimento la toma por las plantas y animales es mayor y la acumulación en plantas y animales puede ocurrir.</p> <p>Cuando las plantas crecen sobre suelos contaminados estas acumularán muy pequeñas partículas de Cobalto, especialmente en las partes de la planta que nosotros comemos, como son los frutos y las semillas. Los efectos sobre la salud que son el resultado de la toma de altas concentraciones de Cobalto son:</p> <p>Vómitos y náuseas, problemas de visión, problemas de corazón, daño del tiroides.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Cobre	<p>El Cobre es una sustancia muy común que ocurre naturalmente y se extiende a través del ambiente a través de fenómenos naturales, los humanos usan ampliamente el Cobre. La mayoría de los compuestos del Cobre se depositarán y se enlazarán tanto a los sedimentos del agua como a las partículas del suelo. Compuestos solubles del Cobre forman la mayor amenaza para la salud humana. Usualmente compuestos del Cobre solubles en agua ocurren en el ambiente después de liberarse a través de aplicaciones en la agricultura.</p> <p>Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el Cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún.</p>
Cromo	<p>La gente puede estar expuesta al Cromo a través de respirarlo, comerlo o beberlo y a través del contacto con la piel con Cromo o compuestos del Cromo. Hay varias clases diferentes de Cromo que difieren de sus efectos sobre los organismos. El Cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI).</p> <p>El Cromo (III) es un elementos esencial para organismos que puede interferir en el metabolismo del azúcar y causar problemas de corazón, cuando la dosis es muy baja. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para los organismo. Este puede alterar el material genético y causar cáncer.</p> <p>El Cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos. El Cromo (VI) es conocido porque causa varios efectos sobre la salud. Cuando es un compuesto en los productos de la piel, puede causar reacciones alérgicas, como es erupciones cutáneas. Después de ser respirado el Cromo (VI) puede causar irritación del nariz y sangrado de la nariz. Otros problemas de salud que son causado por el Cromo (VI) son:</p> <p>Erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón, muerte.</p>
Estaño	<p>El estaño como simple átomo o en molécula no es muy tóxico para ningún tipo de organismo. La forma tóxica es la forma orgánica. Los compuestos orgánicos del estaño pueden mantenerse en el medio ambiente durante largos periodos de tiempo. Son muy persistentes y no fácilmente biodegradables. Los microorganismos tienen muchas dificultades en romper compuestos orgánicos del estaño que se han acumulado en aguas del suelo a lo largo de los años. Las concentraciones de estaño orgánico todavía aumentan debido a esto.</p> <p>Los estaños orgánicos pueden dispersarse a través de los sistemas acuáticos cuando son absorbidos por partículas residuales. Se sabe que causan mucho daño en los ecosistemas acuáticos, ya que son muy tóxicos para los hongos, las algas y el fitoplancton. El fitoplancton es un eslabón muy importante en el</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Estaño	<p>ecosistema acuático, ya que proporciona oxígeno al resto de los organismos acuáticos. También es una parte importante de la cadena alimenticia acuática. Se sabe que los estaños orgánicos alteran el crecimiento, la reproducción, los sistemas enzimáticos y los esquemas de alimentación de los organismos acuáticos. La exposición tiene lugar principalmente en la capa superior del agua, ya que es ahí donde los compuestos orgánicos del estaño se acumulan.</p> <p>La ingestión de enlaces de estaño puede provocar efectos agudos así como efectos a largo plazo. Los efectos agudos son:</p> <p>Irritaciones de ojos y piel, dolores de cabeza, dolores de estómago, vómitos y mareos, sudoración severa, falta de aliento, problemas para orinar,</p> <p>Los efectos a largo plazo son:</p> <p>Depresiones, daños hepáticos, disfunción del sistema inmunitario, daños cromosómicos, escasez de glóbulos rojos, daños cerebrales, (provocando ira, trastornos del sueño, olvidos y dolores de cabeza).</p>
Europio	<p>El europio es uno de los elementos químicos raros, que puede ser encontrado en equipos tales como televisiones en color, lámparas fluorescentes y cristales. Todos los compuestos químicos raros tienen propiedades comparables.</p> <p>El europio es vertido al medio ambiente en muchos lugares diferentes, principalmente por industrias productoras de petróleo. También puede entrar en el medio ambiente cuando se tiran los equipos domésticos. El europio se acumulará gradualmente en los suelos y en el agua de los suelos y esto llevará finalmente a incrementar la concentración en humanos, animales y partículas del suelo.</p> <p>En los animales acuáticos provoca daños a las membranas celulares, lo que tiene varias influencias negativas en la reproducción y en las funciones del sistema nervioso.</p> <p>El europio es más peligroso en el ambiente de trabajo, debido al hecho de que las humedades y los gases pueden ser inhalados con el aire. Esto puede causar embolias pulmonares, especialmente durante exposiciones a largo plazo. El europio puede ser una amenaza para el hígado cuando se acumula en el cuerpo humano.</p>
Galio	<p>El galio es un elemento que se encuentra en el cuerpo, pero en cantidades muy pequeñas. Por ejemplo, en una persona con una masa de 70 kilos, hay 0,7 miligramos de galio en su cuerpo. El galio puro no es una sustancia peligrosa por contacto para los humanos. Ha sido manipulada muchas veces solo por el simple placer de observar como se derrite por el calor emitido por una mano humana. Aunque no es peligroso en pequeñas cantidades, el galio no debe ser consumido a propósito en grandes dosis. Algunos compuestos del galio pueden ser de hecho muy peligrosos, sin embargo. Por ejemplo, altas exposiciones al cloruro de galio (III) pueden causar irritación de la garganta, dificultades de respiración, dolores pectorales, y sus vapores pueden provocar afecciones muy graves como edema pulmonar y parálisis parcial.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Germanio	<p>Como metal pesado se considera que tiene algún efecto negativo en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo el germanio puede formar compuestos peligrosos como el hidruro de germanio y el tetrahidruro de germanio.</p> <p>El hidruro de germanio y el tetrahidruro de germanio son extremadamente inflamables e incluso explosivos cuando son mezclados con el aire. Inhalación: Calambres abdominales. Sensación de quemadura. Tos. Piel: Enrojecimiento. Dolor. Ojos: Enrojecimiento. Dolor.</p> <p>Efectos de la exposición a corto plazo: La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede tener efectos en la sangre, resultando en lesiones de las células sanguíneas. La exposición puede resultar en la muerte.</p>
Hierro	<p>El Hierro puede ser encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. El cuerpo humano absorbe Hierro de animales más rápido que el Hierro de las plantas. El Hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos.</p> <p>Puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada sideriosis.</p> <p>La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón.</p>
Indio	<p>El indio no tiene ningún papel biológico. Se dice que en pequeñas dosis estimula el metabolismo.</p> <p>Los compuestos del indio se encuentran muy raramente. Todos los compuestos del indio deben ser considerados como altamente tóxicos. Los compuestos del indio provocan daños en el corazón, riñones e hígado y pueden ser teratógenos.</p> <p>Los datos disponibles acerca de los efectos de esta sustancia en la salud humana son insuficientes, por lo que se deben tomar extremas precauciones. Los efectos ambientales de esta sustancia aún no han sido investigados.</p>
Itrio	<p>El itrio es uno de los elementos químicos raro, que puede ser encontrado en equipamientos de casas como televisores en color, lámparas fluorescentes, lámparas ahorradoras de energía y vidrios.</p> <p>El itrio puede también causar cáncer en humanos, así como aumentar las posibilidades de cáncer de pulmón cuando es inhalado, puede ser una amenaza para el hígado cuando se acumula en el cuerpo humano.</p> <p>El itrio es introducido en el ambiente cuando los equipos de las casas son tirados a las basuras. El itrio podrá gradualmente acumularse en suelos y agua y eventualmente podrá acumularse en humanos, animales y partículas del suelo. En animales acuáticos el Ítrio causa daño en las células de membranas, lo cual tiene bastante influencias negativas en la reproducción y las funciones del sistema nervioso.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Manganeso	<p>Los efectos del manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con Manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El Manganeso puede causar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.</p> <p>Cuando los hombres se exponen al manganeso por un largo periodo de tiempo el daño puede llegar a ser importante. Un síndrome que es causado por el manganeso tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio.</p> <p>El Manganeso que deriva de las fuentes humanas puede también entrar en la superficie del agua, aguas subterráneas y aguas residuales. Para algunos animales la dosis letal es bastante baja, lo cual significa que tienen pocas posibilidades de supervivencia incluso a pequeñas dosis de manganeso cuando este excede la dosis esencial.</p> <p>El Manganeso puede causar trastornos en los pulmones, hígado y vasculares, decremento de la presión sanguínea, fallos en el desarrollo de fetos de animales y daños cerebrales.</p> <p>Cuando el Manganeso es tomado a través de la piel este puede causar temblores y fallos en la coordinación. Finalmente, las pruebas de laboratorio con animales han mostrado que diversos envenenamientos con Manganeso deberían incluso ser capaces de causar el desarrollo de tumores en animales.</p> <p>El Manganeso puede causar síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas. Concentraciones altamente tóxicas de Manganeso en suelo pueden causar inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas. Las deficiencia puede también causar estos efectos entre concentraciones tóxicas y concentraciones que causan deficiencias una pequeña área de concentraciones donde el crecimiento de la planta es óptimo puede ser detectado.</p>
Mercurio	<p>El Mercurio tiene un número de efectos sobre los humanos, que pueden ser todos simplificados en las siguientes principalmente:</p> <p>Daño al sistema nervioso, daño a las funciones del cerebro, daño al ADN y cromosomas, reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza, efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos.</p>
Niobio	<p>El niobio, cuando es inhalado, es retenido principalmente en los pulmones, y secundariamente en los huesos. Interfiere con el calcio como activador del sistema enzimático. En los animales de laboratorio, la inhalación de nitruro o pentóxido de niobio resulta en cicatrizaciones de los pulmones a niveles de exposición superiores a los 40 mg/m³.</p> <p>No se han documentado efectos ambientales negativos.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Níquel	<p>La mayor parte de todos los compuestos del níquel que son liberados al ambiente se absorberán por los sedimentos o partículas del suelo y llegará a inmovilizarse. En suelos ácidos, el níquel se une para llegar a ser más móvil y a menudo alcanza el agua subterránea. No es conocido que el níquel se acumule en plantas o animales. Como resultado el níquel no se biomagnifica en la cadena alimentaria.</p> <p>El contacto de la piel con suelo contaminado por níquel o agua puede también resultar en la exposición al níquel. En pequeñas cantidades el níquel es esencial, pero cuando es tomado en muy altas cantidades este puede ser peligroso par la salud humana.</p> <p>La ingestión de altas cantidades de níquel tiene las siguientes consecuencias:</p> <p>Elevadas probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata; enfermedades y mareos después de la exposición al gas de níquel, embolia de pulmón, fallos respiratorios, defectos de nacimiento, asma y bronquitis crónica, reacciones alérgicas como son erupciones cutáneas, mayormente de las joyas, desordenes del corazón.</p>
Oro	<p>La ecotoxicidad del oro no ha sido evaluada. Sin embargo, se espera que la degradación del oro bajo condiciones aerobias sea muy pobre y no hay evidencia que sugiera que pueda crear problemas ecológicos al ser vertido en el medio. Ya que el oro es insoluble, se cree que tiene características mínimas de bioacumulación y biodisponibilidad.</p> <p>Efectos de la sobre-exposición: Inhalación: Puede provocar irritación si la exposición es prolongada o excesiva. Ingestión: No se esperan efectos adversos. Piel: Puede provocar irritación y reacción alérgica. Ojos: Puede provocar irritación.</p>
Paladio	<p>Los compuestos del paladio se encuentran muy raramente. Todos los compuestos del paladio deben ser considerados como altamente tóxicos y carcinógenos. El cloruro de paladio es tóxico, y dañino si es ingerido, inhalado o absorbido a través de la piel. Provoca daños en la médula, hígado y riñones en los animales de laboratorio. Irritante.</p> <p>Puede provocar irritación de la piel, los ojos o el tracto respiratorio. Puede causar hipersensibilidad de la piel.</p> <p>El líquido puede provocar quemaduras en la piel y ojos. Si ingerido, no provocar el vómito, si está consciente darle agua o leche. En caso de contacto, enjuagar los ojos o la piel con abundante agua.</p>
Plata	<p>Las sales solubles de plata, especialmente el nitrato de plata (AgNO_3), son letales en concentraciones de hasta 2 g. Los compuestos de plata pueden ser absorbidos lentamente por los tejidos corporales, con la consecuente pigmentación azulada o negruzca de la piel (argiria).</p> <p>El líquido o el vapor pueden irritar la piel, los ojos, la garganta o los pulmones. El mal uso intencionado consistente en la concentración deliberada de este producto e inhalación de su contenido puede ser dañino o mortal.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Plata	<p>Peligros de la ingestión: Moderadamente tóxico. Puede causar molestias estomacales, náuseas, vómitos, diarrea y narcosis. Si el material se traga y es aspirado en los pulmones o si se produce el vómito, puede causar neumonitis química, que puede ser mortal.</p> <p>La sobre-exposición crónica a un componente o varios componentes de la plata tiene los siguientes efectos en los animales de laboratorio:</p> <p>Daños renales, daños oculares, daños pulmonares, daños hepáticos, anemia, daños cerebrales.</p>
Platino	<p>Las concentraciones de platino en el suelo, agua y aire son mínimas. El Platino es usado como componente de varios productos metálicos, como son los electrodos y este puede ser usado como catalizador en un número de reacciones químicas. Los efectos sobre la salud del Platino están fuertemente ligados a la clase de enlace que estos forman y el nivel de exposición y la inmunidad de la persona que es expuesta.</p> <p>El Platino como metal no es muy peligroso, pero las sales de platino pueden causar varios efectos sobre la salud, como son:</p> <p>Alteración del ADN, cáncer, reacciones alérgicas de la piel y mucosas, daños en órganos, como es el intestino, riñones y la médula, daños en la audición, finalmente, un peligro del platino es que este puede causar la potenciación de toxicidad de otros productos químicos peligrosos en el cuerpo humano, como es el Selenio.</p> <p>Los efectos del platino sobre los animales y el ambiente no han sido investigados todavía extensamente. El Platino se acumulará en las raíces de plantas después de ser tomado. Si se come raíces de plantas que contengan platino puede hacer un daño en los animales y humanos.</p>
Plomo	<p>El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%).</p> <p>El plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:</p> <p>Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.</p> <p>El plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer.</p> <p>El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Rodio	<p>Los compuestos del rodio se encuentran muy raramente. Todos los compuestos del rodio deben ser considerados como altamente tóxicos y carcinógenos. Los compuestos del rodio manchan la piel fuertemente.</p> <p>Los efectos sobre la salud de la exposición a esta sustancia no han sido investigados. No se dispone de datos suficientes acerca del efecto de esta sustancia en la salud humana, por lo tanto se debe tener la máxima precaución.</p>
Rutenio	<p>Los compuestos del rutenio se encuentran muy raramente. Todos los compuestos del rutenio deben ser considerados como altamente tóxicos y como carcinógenos. Los compuestos del rutenio manchan mucho la piel. Parece que el rutenio ingerido es retenido fuertemente en los huesos. El óxido de rutenio, RuO₄, es altamente tóxico y volátil, y debe ser evitado.</p>
Selenio	<p>Las personas que viven cerca de lugares donde hay residuos peligrosos experimentarán una mayor exposición a través del suelo y del aire. El selenio procedente de cultivos y de lugares donde hay residuos peligrosos acabará en las aguas subterráneas o superficiales por irrigación.</p> <p>La exposición al selenio puede provocar mareos, fatiga e irritaciones de las membranas mucosas. Cuando la exposición es extremadamente elevada, puede ocurrir retención de líquido en los pulmones y bronquitis.</p> <p>Los efectos sobre la salud de las diversas formas del selenio pueden variar de pelo quebradizo y uñas deformadas, a sarpullidos, calor, hinchamiento de la piel y dolores agudos. Cuando el selenio acaba en los ojos las personas experimentan quemaduras, irritación y lagrimeo.</p> <p>El envenenamiento por selenio puede volverse tan agudo en algunos casos que puede incluso causar la muerte. La sobre-exposición puede resultar en manchas rojas en las uñas, dientes y pelo. El dióxido de selenio reacciona con la humedad para formar ácido selénico, que es corrosivo para la piel y ojos.</p> <p>Carcinogenicidad: La Agencia Internacional de la Investigación del Cáncer (IARC) ha incluido al selenio dentro del grupo 3 (el agente no es clasificable con relación a su carcinogenicidad en humanos.).</p> <p>Los niveles de selenio en el suelo y agua aumentan, porque el selenio sedimenta del aire y el selenio de los residuos también tiende a acabar en los suelos de los vertederos.</p> <p>Existe evidencia de que el selenio puede acumularse en los tejidos corporales de los organismos y puede ser transportada en la cadena alimenticia hacia niveles superiores. Normalmente esta biomagnificación de selenio comienza cuando los animales ingieren muchas plantas que han estado absorbiendo enormes cantidades de selenio, antes de la ingestión. Debido a la irrigación, las concentraciones de selenio en la escorrentía tienden a ser muy altas en organismos acuáticos en muchas zonas.</p> <p>Cuando los animales absorben o acumulan concentraciones de selenio extremadamente grandes, puede causar fallo reproductivo y defectos de nacimiento.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Silicio	<p>El silicio elemental es un material inerte, que parece carecer de la propiedad de causar fibrosis en el tejido pulmonar. Estudios epidemiológicos recientes han informado de asociaciones estadísticamente significativas de exposiciones ocupacionales a silicio cristalino con enfermedades renales y cambios renales subclínicos.</p> <p>No se ha informado de efectos negativos del silicio sobre el medio ambiente.</p>
Tantalio	<p>Puede ser dañino por inhalación, ingestión o absorción cutánea. Provoca irritación de los ojos y la piel. El material es irritante de las membranas mucosas y el tracto respiratorio superior.</p> <p>No se han documentado efectos adversos sobre la salud de trabajadores expuestos industrialmente al tantalio. Dosis masivas de tantalio administradas a ratas por vía intratraqueal han producido lesiones en el tracto respiratorio. En contacto con el tejido, el tantalio metálico es inerte.</p>
Terbio	<p>El terbio es uno de los elementos químicos raros, que puede ser encontrado en equipos tales como televisiones en color, lámparas fluorescentes y cristales. Todos los compuestos químicos raros tienen propiedades comparables.</p> <p>El terbio es más peligroso en el ambiente de trabajo, debido al hecho de que las humedades y los gases pueden ser inhalados con el aire. Esto puede causar embolias pulmonares, especialmente durante exposiciones a largo plazo. El terbio puede ser una amenaza para el hígado cuando se acumula en el cuerpo humano.</p> <p>El terbio se acumulará gradualmente en los suelos y en el agua de los suelos y esto llevará finalmente a incrementar la concentración en humanos, animales y partículas del suelo. En los animales acuáticos provoca daños a las membranas celulares, lo que tiene varias influencias negativas en la reproducción y en las funciones del sistema nervioso.</p>
Titanio	<p>El titanio elemental y el dióxido de titanio tienen un nivel bajo de toxicidad. Animales de laboratorio (ratas) expuestos a dióxido de titanio por inhalación han desarrollado pequeñas áreas localizadas de polvo oscuro depositado en los pulmones. Una exposición excesiva en los humanos puede resultar en ligeros cambios en los pulmones.</p> <p>Efectos de la sobre-exposición al polvo de titanio: La inhalación del polvo puede causar tirantez y dolor en el pecho, tos, y dificultad para respirar. El contacto con la piel y los ojos puede provocar irritación. Vías de entrada: Inhalación, contacto con la piel, contacto con los ojos.</p> <p>Carcinogenicidad: La agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC) ha incluido el dióxido de titanio en el grupo 3 (el agente no es clasificable con respecto a su carcinogenicidad en humanos).</p> <p>No se han documentado efectos ambientales negativos del titanio.</p>

**PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR PRODUCTOS
ELECTRÓNICOS PROVENIENTES DE LAS COMPUTADORAS Y SIMILARES**

ELEMENTO	EFFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
Vanadio	<p>Los efectos graves del vanadio son irritación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales. Otros efectos sobre la salud cuando se toma Vanadio son:</p> <p>Daño cardíaco y vascular, inflamación del estómago e intestino, daño en el sistema nervioso, sangrado del hígado y riñones, irritación de la piel, temblores severos y parálisis, sangrado de la nariz y dolor de cabeza, mareos, cambios de comportamiento. El Vanadio causa la inhibición de ciertas enzimas de animales, lo cual tiene varios efectos neurológicos. Próximo a los efectos neurológicos el Vanadio puede causar desordenes respiratorios, parálisis y efectos negativos en el hígado y los riñones.</p> <p>Las pruebas de laboratorio en pruebas con animales han mostrado, que el Vanadio puede causar daño en el sistema reproductivo de animales machos, y el Vanadio puede causar alteraciones del ADN en algunos casos, pero no puede causar cáncer en animales.</p>
Zinc	<p>Las fuentes industriales o los emplazamientos para residuos tóxicos pueden ser la causa del zinc en el agua potable llegando a niveles que causan problemas. El Zinc es un elemento traza que es esencial para la salud humana. Cuando la gente absorben demasiado Zinc estos pueden experimentar una pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Pequeñas llagas, y erupciones cutáneas. La acumulación del Zinc puede incluso producir defectos de nacimiento.</p> <p>Incluso los humanos pueden manejar proporcionalmente largas cantidades de Zinc. Demasiada cantidad de Zinc puede también causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles alto de Zinc pueden dañar el páncreas y disturbar el metabolismo de las proteínas, y causar arteriosclerosis. Exposiciones al clorato de Zinc intensivas pueden causar desordenes respiratorios. El Zinc puede dañar a los niños que no han nacido y a los recién nacidos. Cuando sus madres han absorbido grandes concentraciones de Zinc los niños pueden ser expuestos a éste a través de la sangre o la leche de sus madres.</p> <p>El Zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, pero también para las plantas. Las plantas a menudo tienen una toma de Zinc que sus sistemas no pueden manejar, debido a la acumulación de Zinc en el suelo. En suelos ricos en Zinc sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir. Esta es la razón por la cuál no hay mucha diversidad de plantas cerca de factorías de Zinc. Debido a que los efectos del Zinc sobre, las plantas es una amenaza sería para la producción de las granjas. A pesar de esto estiércol que contiene zinc es todavía aplicado. Finalmente, el Zinc puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.</p>