



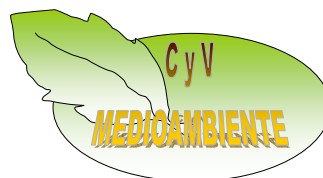
GOBIERNO DE CHILE
CONAMA



INFORME FINAL

DIAGNOSTICO PRODUCCIÓN, IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS ELECTRONICOS Y MANEJO DE LOS EQUIPOS FUERA DE USO

Preparado por



Junio 2009

RESUMEN EJECUTIVO

ANTECEDENTES GENERALES

En el marco de las relaciones de cooperación técnica y económica, los Gobiernos de la República Federal de Alemania y de la República de Chile acordaron en el año 2007 crear el "Fondo de planificación estratégica e implementación de reformas autofinanciadas en Chile". En el mes de agosto de 2007, el Comité Coordinador del Fondo aprobó la solicitud de CONAMA para el financiamiento del Proyecto "Gestión Integral de Residuos Sólidos en Chile".

El Proyecto se inserta en la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, cuyo objetivo es lograr que el manejo de residuos sólidos se realice con el mínimo riesgo para la salud de la población y para el medio ambiente. En este contexto, el Proyecto pretende introducir la REP de manera paulatina y voluntaria en el país, en diversos sectores productivos y, en paralelo, la creación de legislación referente a la REP que se incorpore en el marco jurídico respecto de la gestión de Residuos. Bajo este marco de acción el presente diagnóstico avanza en la identificación y evaluación de los siguientes indicadores sectoriales elementos de gestión:

- Tasa de generación de residuos electrónicos (computadores y celulares).
- Identificación de alternativas tecnológicas de valorización con mayor viabilidad de implementación en el corto y mediano plazo.
- Individualización de los actores que actualmente interactúan en la cadena de distribución y comercialización de productos electrónicos y, por tanto, en la generación de sus residuos.
- definición de aspectos clave que requieren ser regulados.
- Propuesta de sistema de gestión con actores y roles, así como acciones a desarrollar en el corto y mediano plazo, en forma voluntaria por las empresas del sector a fin de generar directrices para la operatoria del Sistema de Gestión bajo los conceptos de Responsabilidad Extendida del Productor y Gradualidad.
- Propuesta de puesta en marcha del sistema de Gestión en la RM (mayor concentración de residuos).

RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

La gestión inadecuada de los residuos electrónicos ha llegado a convertirse en un problema ambiental de gran envergadura. Sólo en Chile se generan sobre 7,5 millones de unidades de equipos electrónicos fuera de uso (computadores y accesorios, además de celulares) equivalentes a cerca de ocho mil toneladas cada año. En países desarrollados esta situación ha sido abordada mediante la promulgación de normativas e incentivos que promueven la existencia de empresas recuperadoras y recicladoras que recuperan equipos o valorizan y comercializan los materiales como nuevas materias primas.

Chile aún no cuenta con una normativa específica para residuos electrónicos y hoy en día, el mercado de su gestión aún es limitado, orientado a la recuperación de equipos para extender su uso en proyectos sociales, reciclaje basado fundamentalmente en desensamblaje y exportación de piezas y partes para valorización en industrias fuera del país. A lo anterior se suma que este tipo de residuos hoy en día se clasifican como peligrosos, debido a la presencia de componentes tóxicos. No obstante, dentro del diagnóstico se verificó que esta situación está revirtiéndose paulatinamente, debido a la eliminación gradual de estas sustancias por parte de las empresas fabricantes, debido a cambios en los diseños promovidos por normas ambientales internacionales.

Para la determinación de la condición actual de generación se tomó como base las importaciones y ventas de equipos, además de una estimación de los actuales destinos de los residuos electrónicos obteniéndose los siguientes indicadores

- **Generación per-capita**

Un índice manejado a nivel de los países de la UE, indica una tasa de generación cercana a 4 Kg/habitante-año. Para el caso de Chile, dicho índice bordearía actualmente los 0,45 Kg/habitante año. La explicación de este bajo valor radica fundamentalmente en la tasa actual de uso de equipos por habitante en Chile, la cual es cercana a 0,3 computadores por habitante (base año 2008 para un total de computadores en uso de 5,4 millones).

• **Cantidad anual de principales residuos electrónicos generados (base año 2008)**

Tipología de residuo	Toneladas	Miles Unidades
computadores	1.775	316
monitores	4.514	386
impresoras	640	213
celulares	565	5.648
Otros	180	963
Total	7.674	7.526

• **Tasa de recambio por tipo de equipo (primer y segundo uso)**

Desktop: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso)

Laptop: 6 años (4 años primer uso, 2 años segundo uso)

Monitor CRT: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso)

Monitor LCD: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso)

Impresoras: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso)

Celulares: 2 años

• **Cantidad de equipos recuperados /reciclados y tasa de recuperación (base generación de residuos año 2008)**

En base a los datos recabados a la fecha se obtuvieron los siguientes resultados:

- Equipos reacondicionados para recuperación (recuperación social y reacondicionados): 25.000 unidades de computador y de monitor: equivalentes a cerca de 400 toneladas/año (5,4% en peso).
- Residuos electrónicos reciclados: aproximadamente 251.000 unidades (819 toneladas/año o 10.6% en peso).
- Celulares recuperados a exportación, sin desmantelar : 140.000 unidades o 14 toneladas/año (0,2% en peso).
- Catridge de tintas reciclados: aproximadamente 50%.
- Cantidad residuos electrónicos con destino desconocido (relleno sanitario, vertederos-legales o ilegales u otros destinos) cerca de 82%, (6.277 ton/año).
- Cantidad de residuos eliminados como residuo peligroso en relleno de seguridad 2,1%,(164,4 ton/año).

Residuos generados y gestionados (año 2008) según estimaciones del diagnóstico

Residuo	Generados (base2008)		Recuperación Social y Reacondicionados		Reciclados		Relleno seguridad (*)	Otros destinos desconocidos	
	Ton	unidades	ton	unidades	ton	unidades	ton	ton	% en peso
computadores	1.775	316.000	150	25.000	266	44.375	55,9	1.303	73,40%
monitores	4.514	386.000	250	25.000	497	49.654	96,8	3.671	81,32%
impresoras	640	213.000			38	12.800	9	593	92,59%
celulares	565	5.648.000	14	140.000	11	112.000	1,5	538	95,27%
Otros	180	963.000			6	32.000	1,2	172	95,78%
total	7.674	7.526.000	414	190.000	819	250.829	164,4	6.277	81,79%

(*) datos SIDREP y estimación declaración en papel

En resumen, se recupera socialmente y recicla alrededor de un 16% de los residuos electrónicos, y cerca de un 2% se estaría disponiendo como residuo peligroso. El restante 82% tiene un destino desconocido.

El sector actualmente incluye una gran variedad de actores: importadores (tanto grandes empresas representantes de marcas internacionales como empresas que compran piezas para ensamblaje nacional), distribuidores, recuperadores y recicladores tanto formales como informales. La mayoría se concentran geográficamente en la zona centro del país.

A fin de determinar las mejores alternativas de gestión se desarrolló una revisión de las diversas tecnologías disponibles a nivel mundial, analizando aspectos técnicos y económicos de las mismas. Al respecto es importante mencionar que la gran mayoría de las tecnologías y aplicaciones que permiten una valorización material y energética se concentran en países más industrializados y probablemente no se establezcan en el país en el corto o mediano plazo, debido a que requieren un volumen de materiales mayor al producido a nivel nacional, existiendo además prohibición para la importación de residuos peligrosos desde países vecinos, pero lo más probable es que se potencie la industria de reciclaje, entendida como el desensamblaje de equipos fuera de uso, principalmente.

Se estima posible, en base a la experiencia internacional recuperar y redireccionar entre un 10 y 20% del total de residuos electrónicos con vertido desconocido (700 a 1.400 toneladas), en un plazo probable de 5 años, lo cual permitiría aumentar la tasa actual a más de un 30%, mediante la implementación de un sistema de gestión que involucre tanto la recolección del residuo como su manejo y transformación posterior por empresas valorizadoras, ya sea con las alternativas que se desarrollan a nivel nacional o bien a través de desensamblaje y exportación a empresas de recuperación de materiales. La base de la anterior aseveración se fundamenta en el aumento esperado en el número de empresas y su capacidad en el ámbito del reciclaje, así como de la recuperación social.

Para lograr el adecuado manejo de los residuos de aparatos electrónicos, RAAE, un gran número de países cuentan con legislación específica en la materia y otros, que se encuentran en proceso de desarrollar sistemas de gestión, están en etapa de generar leyes y reglamentos específicos. La principal dificultad que hoy en día presenta Chile, para lograr una buena gestión y valorización de los materiales electrónicos, es la falta de una legislación especial para este tipo de residuos, que potencie el proceso como también la limitada cantidad de empresas dedicadas al reciclaje eficiente de los mismos. Esta situación podría revertirse en el corto y mediano plazo debido al desarrollo de programas voluntarios por parte de las empresas más importantes del sector, y con la entrada en vigencia de una Ley General de Residuos, con Reglamentos específicos para productos prioritarios, entre los cuales se encontrarían los aparatos electrónicos (en general, no sólo los analizados en este estudio) y con la formalización de nuevas empresas en el mercado. Al mismo tiempo, existe carencia de normativas orientadas a controlar la calidad de los todos los tipos de equipos electrónicos que se comercializan en el mercado (lo que se traduciría en mayor vida útil de los mismos). Ambos tipos de regulaciones son claves para potenciar la puesta en marcha un sistema de Gestión Integral, unido a la creación de conciencia ambiental y de calidad, a fin de empoderar a todos los actores involucrados, en los distintos niveles de la cadena.

A nivel internacional, los residuos de aparatos electrónicos son clasificados como residuos especiales, el producto fuera de uso puede ser enviado a instalaciones de recuperación para ser devuelto al flujo de productos en un segundo uso, o bien destinarse a centros de acopio. La clasificación de peligroso o no peligroso se aplica sólo una vez que el equipo es desensamblado en instalaciones de reciclaje, donde se separan componentes peligrosos y no peligrosos. En Chile, estos residuos se consideran peligrosos desde el momento que pasan a la categoría de fuera de uso, de acuerdo al DS 148/2003. Al respecto, no existe una correspondencia entre la calidad y la clasificación actual del residuo, ya que sigue siendo el mismo producto, a menos que se le intervenga y desmantele. El desarrollo de criterios o complementos a la aplicación del DS 148/2003, en éste ámbito fomentaría la recolección, la recuperación para un segundo uso y reduciría la corriente de residuos final, facilitando la operatoria de gestión en cuanto a condiciones de logística y tratamiento económicamente viable de estos residuos.

La futura dictación de una Ley General de Residuos y sus Reglamentos específicos aportaría a potenciar el sistema de gestión. En particular el Reglamento REP de RAAE debiera contemplar las condiciones del rápido cambio de tecnologías en el sector, y la reducción gradual de componentes peligrosos en los equipos por parte de las empresas fabricantes, en base al cumplimiento de normativas internacionales.

Por lo anterior, el estudio desarrolla una propuesta de sistema de gestión de residuos electrónicos basada en elementos básicos de sistemas que actualmente operan a nivel internacional, pero considerando las singularidades del mercado chileno y las actuales iniciativas en desarrollo.

El concepto rector del sistema de gestión se basa en el Principio de la Responsabilidad Extendida del Productor, REP, el cual se aplica en la mayoría de los países evaluados. La responsabilidad extendida del productor se centra principalmente en el ciclo de vida del producto, pero intenta que fabricantes, distribuidores, intermediarios, usuarios, y empresas **compartan la responsabilidad** de reducir los impactos que el producto ocasiona al medioambiente.

La responsabilidad extendida del productor reconoce que éste puede asumir nuevas responsabilidades para reducir el impacto medioambiental negativo de sus productos. Sin el compromiso serio del productor, no es posible, como país, hacer progresos significativos en la óptima protección sustentable de recursos. Por otra parte, una mejora sustantiva no siempre puede ser lograda exclusivamente por los productores; además de ellos, tanto intermediarios como consumidores, así como las tecnologías de tratamiento existentes, deben concertarse para encontrar la solución más apropiada y rentable.

Es relevante destacar que, para un adecuado funcionamiento del sistema de gestión propuesto, se deben establecer los roles y compromisos de los distintos actores para facilitar su puesta en marcha:

ESTADO: Su Rol será fundamentalmente regulador y fiscalizador, ya que para poner en marcha el sistema de gestión, el Estado debe generar las necesarias leyes y normativas en dos ámbitos fundamentales: Ley Residuos y Normas de calidad del producto. El organismo regulador para el sistema de gestión de residuos electrónicos sería CONAMA, en coordinación, al menos, con los Ministerios de Economía y Servicio de Aduanas. El rol fiscalizador sanitario es del Ministerio de Salud y sus SEREMIs.

Adicionalmente, el Estado debería cumplir y comprometer un rol de fomento de la educación respecto a la gestión de residuos a todo nivel: consumidores y ciudadanía en general, servicios públicos y empresas.

PRODUCTORES: Tendrán un compromiso y un rol importante en coordinar la logística de manejo de los residuos; además estarían a cargo de establecer la modalidad de financiamiento del sistema, para lo cual se propone, inicialmente, el cobro de un importe adicional sobre el costo unitario de la venta de los equipos nuevos¹. Con esta medida se podrá financiar la gestión y posterior valorización en cualquiera de sus formas. En el caso de los equipos usados importados, éstos deberían incluir el impuesto o "fee" respectivo. Por otra parte, tendrían un rol relevante en la educación de los usuarios, a través de campañas de conciencia ambiental acerca de la calidad del producto y la adecuada gestión del residuo, donde se buscará fomentar que, al momento de quedar fuera de uso, éste se deje en los puntos de acopio autorizados para ser retirado por empresas autorizadas para su recuperación o reciclaje y valorización.

SOCIEDAD CIVIL, CONSUMIDORES Y USUARIOS: Su rol estará dado por las exigencias de calidad y duración al comprar un equipo y por el grado de sensibilización ambiental que se pueda lograr en ellos. El usuario (consumidor, empresa o institución) deberá comprometerse a

¹ El sistema de financiamiento propuesto es preliminar y debe ser analizado con mayor detalle.

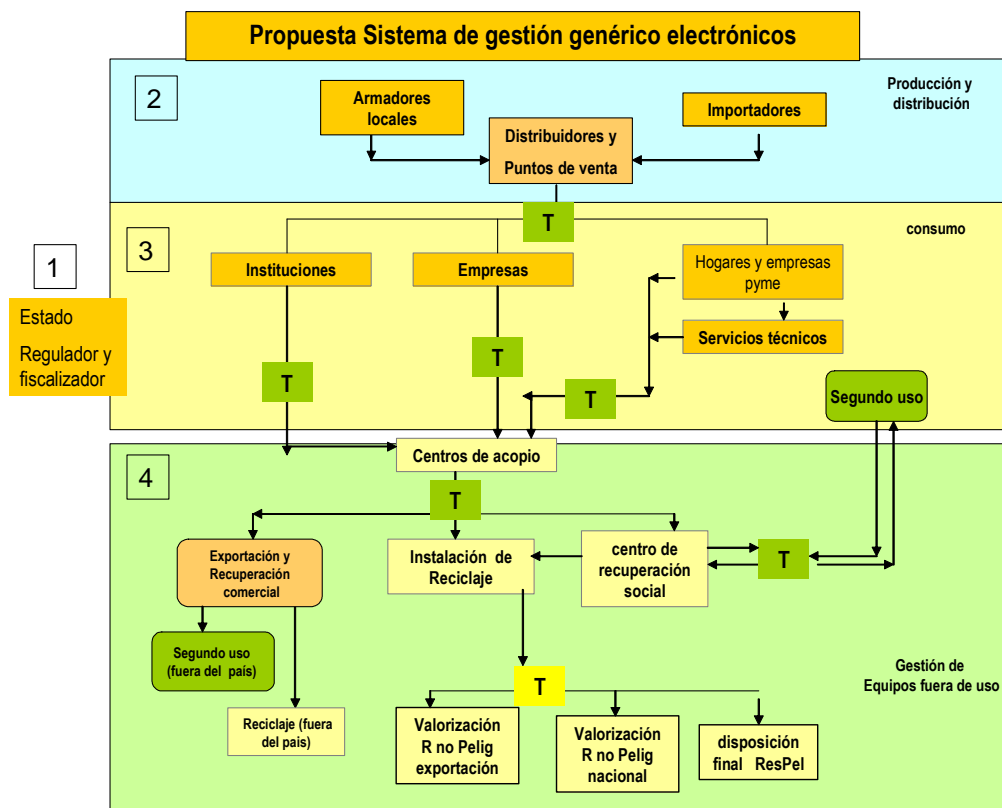
entregar los equipos fuera de uso en centros de acopio autorizados o centros de recuperación, a fin de lograr un manejo apropiado.

Las empresas a su vez, podrán gestionar sus equipos fuera de uso de distintas formas, de común acuerdo con la empresa productora, para la entrega de los mismos o bien ingresarlo a un centro de acopio o de recuperación en forma directa.

CENTROS DE ACOPIO: En la actualidad coexisten una serie de modelos de recolección de residuos electrónicos. Sin embargo, se considera necesaria la creación de nuevos centros de acopio, tanto de empresas privadas como de Municipios, a fin de fomentar el flujo de devolución de equipos para su adecuada gestión. En general las empresas que realizan alguna actividad de recuperación no cuentan con infraestructura de transporte para retirar equipos en bajas cantidades, desde hogares, lo cual podría ser mayormente cubierto con la presencia de estos centros. La operación del sistema debe asegurar que en estos centros de acopio se envíen a los centros de recuperación social solamente los equipos reparables, y a los centros de valorización equipos que no puedan ser refaccionados.

CENTROS DE RECUPERACION PARA SEGUNDO USO: Su rol es fundamental para reducir la corriente de residuos electrónicos, desfasando el fin de la vida útil de los equipos en dos o tres años mediante un segundo uso. Al igual que los productores, su rol en la educación de los consumidores es fundamental, a través de campañas de fomento a la recuperación y se propone buscar alianzas con empresas recicladoras o centros de acopio para reforzar el tema de logística de transporte.

DESTINATARIOS FINALES: Tras un correcto sistema logístico y de transporte, donde se reciban, almacenen y clasifiquen los residuos electrónicos, éstos podrán ser enviados a distintas empresas privadas de reciclaje (desmantelamiento), para su valorización, ya sea recuperación de metales a nivel nacional o internacional y para la disposición adecuada de la fracción peligrosa en instalaciones autorizadas



ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

CPU	Central Processing Unit (Unidad de Procesamiento Central)
CRT	Cathode Ray Tube (Tubo de Rayos Catódicos)
EMPA	Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research
LAC	Latinoamérica y el Caribe
LCD	Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido)
LED	Light Emitting Diode (Diodos Emisores de Luz)
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPC	Organic Photo Conductor (Conductor fotográfico orgánico)
PC	Personal Computer
PWB	Printed wiring board (tarjeta de circuito impreso)
PED	Procesamiento Electrónico de Datos
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (equivale a WEEE o e-waste)
RELAC	Plataforma Regional de Residuos Electrónicos de PC en Latinoamérica y El Caribe
REP	Responsabilidad extendida del productor
SWICO	Asociación Suiza para la Información y la Comunicación Organizacional y la Tecnología
SUBTEL	Subsecretaría de Telecomunicaciones
TCI	Tarjeta de Circuito Impreso
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
UE	Unión Europea
VIRS	Vertedero ilegal residuos sólidos
WEEE	Waste Electric and Electronical Equipment (equivale a RAEE o e-waste)

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes del proyecto	12
1.2 Antecedentes generales	12
1.3 Objetivos.	16
1.4 Productos o resultados esperados.	16
1.5 Metodología	16
II. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO	20
2.1 Antecedentes general del sector	20
2.1.1 Antecedentes del mercado: Asociaciones Gremiales.	20
2.1.2 Identificación y distribución geográfica del universo de empresas del sector bajo estudio	21
2.2 Caracterización económica del sector	25
2.2.1 Tamaño del sector	25
2.2.2 Evaluación de productos electrónicos comercializados en Chile	30
2.2.3 Balance total de celulares y equipos de computación comercializados	33
2.2.4 Niveles de reemplazo y cuantificación de equipos fuera de uso (residuos)	33
2.2.5 Canales de comercialización.	40
2.2.6 Evolución del sector en los últimos años y proyecciones para los próximos 10 años.	44
2.3 Características de los productos electrónicos comercializados	45
2.3.1 Características genéricas de los productos.	45
2.4 Evaluación de la gestión del sector a nivel Internacional y nacional	60
2.4.1 Sistemas de gestión desarrollados a nivel internacional.	64
2.4.2 Gestión basada en la prevención: mejoras en el diseño	65
2.4.3 Gestión y legislación relacionada a residuos electrónicos	66
2.4.4 Diagnostico de la gestión actual en Chile	85
2.4.5 Generación de indicadores base para la gestión en Chile	92
2.4.6 Evaluación de los riesgos e impactos de los residuos electrónicos	94
2.4.7 Diagnostico de alternativas de reciclaje y eliminación actualmente en uso.	99
2.5 Diagnostico y evaluación técnico económica de alternativas de reciclaje y disposición a nivel mundial.	104
2.6 Riesgos e impactos de algunas alternativas de valorización y eliminación	123
III Discusión	126
3.1 Respecto a la generación de residuos electrónicos	126
3.2 Respecto a la propuesta de gestión	126
IV Aportes del estudio a los indicadores del proyecto	132
Bibliografía	133
Anexos	135

ANEXOS

- Anexo 1 Glosario de términos
- Anexo 2 Bases de datos
- Anexo 2A1 Empresas importadoras de Computadores
- Anexo 2A2 Empresas importadoras de Celulares
- Anexo 2B Detalle Importaciones códigos seleccionados
- Anexo 2C Detalle Exportaciones códigos seleccionados
- Anexo 2D1 Listado de puntos de venta celulares
- Anexo 2D2 Listado de puntos de venta sucursales operadores celulares
- Anexo 2D3 Listado de puntos de venta equipos de computación
- Anexo 2E1 Servicios técnicos equipos de computación
- Anexo 2E2 Servicios técnicos celulares
- Anexo 2F Ensambladores equipos de computación
- Anexo 2G Empresas de recolección o Reciclaje electrónicos
- Anexo 2H Empresas de reciclaje toner y catridges
- Anexo 3 Estimación de generación de residuos electrónicos
- Anexo 4 Aspectos básicos de la clasificación de un residuo
- Anexo 5 Listado proyectos y experiencias de reacondicionamiento y reciclaje de PC en Latinoamérica y el caribe
- Anexo 6 Contactos realizados

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Distribución de empresas importadoras de computadores	21
Tabla 2.2	Distribución de puntos de venta de computadores/ periféricos y celulares	23
Tabla 2.3	Distribución de servicios técnicos y ensambladores de computadores y celulares	24
Tabla 2.4	Distribución de conexiones Internet fija a nivel nacional	26
Tabla 2.5	Indicadores de desarrollo de TIC en Chile y otros países	27
Tabla 2.6	Datos de importación (unidades) equipos computacionales y celulares (2002-2008)	30
Tabla 2.7	Principales países de origen equipos computacionales	30
Tabla 2.8	Datos de exportación (unidades) equipos computacionales y celulares (2002-2008)	31
Tabla 2.9	Principales países de destino equipos computacionales	31
Tabla 2.10	Comparación datos de importación y ventas computadores a nivel nacional 2002-2008	32
Tabla 2.11	Ventas de equipos computacionales	33
Tabla 2.12	Factores de uso promedio (distintas fuentes)	34
Tabla 2.13	Impacto de los equipos electrónicos	34
Tabla 2.14	Vida útil estimada por componente	35
Tabla 2.15	Ventas de equipos electrónicos 1983-2008 y proyección 2009-2014	36
Tabla 2.16	Variación estimada del peso de los equipos (promedios)	37
Tabla 2.17	Estimación de la generación de residuos de equipos electrónicos (totalizado)	38
Tabla 2.18	Proyección de crecimiento venta de equipos electrónicos 2009-2019 (unidades)	44
Tabla 2.19	Sustancias contenidas en los teléfonos celulares	46
Tabla 2.20	Sustancias contenidas en un computador personal (desktop) y un monitor (CRT)	50
Tabla 2.21	Composición promedio (% en peso) de diversos equipos computacionales	51
Tabla 2.22	Composición distintos tipos de acumuladores (% en peso)	55
Tabla 2.23	Aditivos incorporados a los plásticos	58
Tabla 2.24	Tipos de plásticos	58
Tabla 2.25	Sistemas de gestión de residuos adoptados por diversos países	63
Tabla 2.26	Clasificación de los Residuos Resultantes del proceso de desarme de aparatos electrónicos en desuso	84
Tabla 2.27	Equipos recibidos y reacondicionados por Chilenter	87
Tabla 2.28	Proyectos relacionados a la gestión de Residuos electrónicos	90
Tabla 2.29	Efectos de algunos metales presentes en la salud y el medioambiente	100
Tabla 2.30	Ahorro energético en la producción de materiales secundarios	104
Tabla 2.31	Contenido de plomo en los componentes de los tubos de rayos catódicos (TRC)	111
Tabla 2.32	Alternativas de eliminación de pilas y baterías	115
Tabla 2.33	Alternativas de eliminación de condensadores	116
Tabla 2.34	Alternativas de eliminación de plásticos bromados	118
Tabla 2.35	Estimación del beneficio de la recuperación de metales para residuos de celulares	119
Tabla 2.36	Estimación del beneficio de la recuperación de metales para residuos de computadores	119

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Distribución geográfica empresas relacionadas a equipos de computación	24
Figura 2.2 Distribución geográfica empresas relacionadas a celulares	25
Figura 2.3 Evolución del número de equipos/100 habitantes, valores acumulados	28
Figura 2.4 Evolución del número de unidades en uso, valores acumulados	28
Figura 2.5 Flujos y distribución de actores para equipos computacionales	29
Figura 2.6 Flujos y distribución de actores para celulares	29
Figura 2.7 Comparación entre tiempo de uso y años de vida útil de los equipos electrónicos	34
Figura 2.8 Generación de residuos de equipos de computación (toneladas)	39
Figura 2.9 Generación de residuos de celulares (toneladas)	39
Figura 2.10 Flujo de comercialización y manejo de equipos electrónicos	43
Figura 2.11 Componentes principales presentes en celulares y computadores	50
Figura 2.12 Componentes metálicos de un CRT	52
Figura 2.13 Sistema de gestión de residuos electrónicos en Suiza	71
Figura 2.14 Enfoque del sistema suizo hacia el reuso y reciclaje	71
Figura 2.15 Sistema de gestión de residuos electrónicos en Holanda	72
Figura 2.16 Esquema de gestión de residuos electrónicos en España	75
Figura 2.17 Modelo de gestión de residuos electrónicos en Costa Rica	82
Figura 2.18 Modelo de gestión en la recuperación de equipos electrónicos	88
Figura 2.19 Proceso de reciclaje formal en Chile	102
Figura 2.20 Esquema del proceso de fundición y refinación	107
Figura 2.21 Corte del tubo de rayos catódicos con sistema láser	112
Figura 2.22 Trituración del tubo de rayos catódicos	112
Figura 2.23 Esquema de fabricación de foam glass	113
Figura 2.24 Sistemas actuales de gestión que coexisten en Chile	126
Figura 2.25 Diagrama del sistema de gestión propuesto	128
Figura 2.26 Diagrama detallado de sistema de gestión que considera las alternativas existentes	130

I INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En el marco de las relaciones de cooperación técnica y económica, los Gobiernos de la República Federal de Alemania y de la República de Chile acordaron en el año 2007 crear el "Fondo de planificación estratégica e implementación de reformas autofinanciadas en Chile". En el mes de agosto de 2007, el Comité Coordinador del Fondo aprobó la solicitud de CONAMA para el financiamiento del Proyecto "Gestión Integral de Residuos Sólidos en Chile".

El Proyecto se inserta en la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, cuyo objetivo es lograr que el manejo de residuos sólidos se realice con el mínimo riesgo para la salud de la población y para el medio ambiente, favoreciendo una visión integral de los residuos, que asegure un desarrollo sustentable y eficiente del sector. En este contexto, el Proyecto pretende introducir el concepto de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Este moderno concepto ha sido desarrollado en Europa en los años 90 y los resultados positivos de la REP ha significado una aplicación a cada vez más productos.

La REP significa que un productor (fabricante o importador) se debe hacer cargo, o ser como mínimo co-responsable, de un producto una vez terminada su vida útil. El concepto es especialmente aplicable a los productos de consumo masivo, tales como envases, neumáticos, refrigeradores, baterías, pilas y vehículos. Una de las principales ventajas que se aprecian para establecer este concepto, es la posibilidad de eliminar distorsiones en el mercado, ya que actualmente entre los costos de muchos productos no se considera el costo para financiar su manejo al momento de convertirse en residuo. Con la incorporación de los costos totales de todo el ciclo de vida del producto hasta su fin como residuo, se cumple con dicho principio de responsabilidad.

El Proyecto se inició en marzo de 2008, tiene una duración de 22 meses y será ejecutado por CONAMA y GTZ. El Proyecto pretende introducir la REP de manera paulatina en el país, con el fin de poder aprobar su factibilidad económica, social y ambiental. El proyecto consiste en dos elementos: la introducción de la REP en forma voluntaria en dos sectores productivos y, en paralelo, la creación de una legislación referente a la REP que se incorpore en el marco jurídico respecto de la gestión de Residuos.

1.2 ANTECEDENTES GENERALES

Según la OCDE, se considera residuo electrónico² a "todo aparato que utiliza un suministro de energía eléctrica y que ha llegado al fin de su vida útil". La Directiva 2002/96/CE de residuos electrónicos de la Unión Europea distingue diez categorías de estos residuos:

- Grandes electrodomésticos;
- Pequeños electrodomésticos;
- Equipos de informática y telecomunicaciones;
- Aparatos eléctricos de consumo;
- Aparatos de iluminación;
- Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura);
- Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre;
- Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados o infectados);
- Instrumentos de vigilancia y control;
- Máquinas expendedoras.

Desde el punto de vista de la producción, comercialización y consumo se les identifica en tres líneas, bajo las siguientes denominaciones.

² También denominados residuos-e, RAEE,, e-waste.

- **Línea blanca:** electrodomésticos relacionados con las labores domésticas de conservación y preparación de alimentos y acondicionamiento térmico (por ejemplo, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas).
- **Línea marrón:** aparatos audiovisuales de uso doméstico (televisores, equipos de música, vídeos, entre otros).
- **Línea gris:** equipos utilizados en las tecnologías de la información y aparatos de telecomunicación (equipos informáticos como CPU's, pantallas y teléfonos móviles, entre otros).

Considerando ambas clasificaciones, el presente estudio se focaliza en los residuos de la categoría 3 de la UE o de la línea gris, específicamente computadores y sus equipos periféricos y celulares, incluyendo sus baterías, los cuales poseen una vida útil más corta que el resto de los aparatos eléctricos y electrónicos.

Los residuos electrónicos son en gran parte chatarras metálicas mezcladas con otros materiales. Entre los metales se pueden encontrar significativas cantidades de hierro, aluminio, cobre y algunos metales preciosos. Asimismo, los plásticos y el vidrio aparecen también en cantidades apreciables. En líneas generales se estima que un 25% de los equipos fuera de uso sería recuperable (como partes y piezas), un 72% se podría reciclar y sólo un 3% correspondería a material peligroso que requiere una disposición especial³.

Los residuos electrónicos son los desechos que más han aumentado en los últimos años; según datos de la Agencia Europea del Medio Ambiente (2004), su volumen está aumentando tres veces más rápido que los residuos urbanos. La reducción de los costos de reemplazo de computadores, teléfonos móviles y otros aparatos electrónicos, y la velocidad con la cual la tecnología se vuelve obsoleta, implica que cada vez hay más desechos para eliminar.

Se calcula que en 2004 se compraron en el mundo 183 millones de computadoras. Tan sólo en Estados Unidos, entre 14 y 20 millones de PC son desechados cada año y se espera que la basura electrónica que llega a los países en desarrollo se triplique para el año 2010.⁴ Según el PNUMA, América Latina no tiene un problema importante de residuos electrónicos provenientes de otros países, como ocurre en Asia o África. Pero se ha generado un aumento significativo en el número de teléfonos celulares y computadoras que se desechan en varios países de la región. El problema se genera porque en gran parte de los países no existen aún estrategias para el reciclaje de estos aparatos. Según estudios recientes, existe una tendencia entre la población de desechar los aparatos aunque todavía funcionen, motivados principalmente por los avances tecnológicos o los nuevos modelos.

En Chile, datos preliminares indican que se desechan cerca de 3 millones de celulares y 500 mil PC al año. Sin embargo, sólo se reciclaría el 1% de estos. Para 2020 se estima que habrá 1,7 millones de PC's y equipos electrónicos que se convertirán en desechos. El estudio, realizado por RELAC (SUR-IDRC) y EMPA⁵, también indica que en el país la cantidad de residuos electrónicos de computadoras crecerá en un 10% durante la próxima década, casi el doble que los residuos domiciliarios.

El presente estudio analiza inicialmente el mercado de los aparatos electrónicos en Chile (del tipo computadores y celulares) y los principales actores involucrados, estableciendo los principales flujos de estos materiales y sus residuos y la cantidad generada anualmente. Seguidamente se evalúa las características de estos equipos, a fin de determinar la forma más apropiada en que deben ser manejados sus residuos. Posteriormente, se analiza los sistemas actuales de gestión de residuos electrónicos, tanto a nivel internacional como nacional, y las tecnologías de reciclaje y eliminación utilizadas; todo ello con miras a proponer, finalmente una alternativa de manejo adecuada a la realidad del país.

³ Prince, 2006

⁴ <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l21210.htm>

⁵ Steubing, 2007

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Instalar un conocimiento profundo, basado en informaciones levantadas en el diagnóstico de la gestión actual - y de indicadores formulados sobre este conocimiento - para distintos ámbitos vinculados a los productos electrónicos y sus residuos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información general del sector
- Realizar una caracterización económica del sector
- Identificar la gestión actual de los productos electrónicos usados a nivel nacional y compararla con experiencias a nivel internacional
- Definir indicadores que permitan medir en forma eficiente los cambios en el rubro de productos electrónicos

1.4 PRODUCTOS O RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados del estudio se focalizan en la obtención de:

- Información general sistematizada de las empresas productoras e importadoras del sector.
- Caracterización económica del sector.
- Diagnóstico de la gestión de los productos usados en Chile.
- Comparación de la gestión de los productos usados en Chile con la gestión a nivel internacional.
- Indicadores del sector.

1.5 METODOLOGÍA

Sobre la base de los productos a desarrollar, se propusieron los siguientes pasos metodológicos:

ETAPA 1 ETAPA DE AJUSTE METODOLÓGICO

Se programó una primera reunión, en la semana 1 de ejecución del estudio, a fin de convenir con la contraparte los aspectos metodológicos en relación al inicio del estudio, sus aspectos más críticos y el cómo abordar cada una de sus etapas, a fin de lograr el máximo de compromiso de los actores a involucrar y cumplir con los plazos establecidos.

ETAPA 2 RECOPIACION GENERAL DE INFORMACION DEL RUBRO

Actividad 1: Identificación Del Universo De Empresas Del Rubro

Se realizó un levantamiento de información de las empresas a nivel nacional relacionadas al rubro (Importadores, Distribuidores, servicios técnicos, organizaciones y empresas de reacondicionamiento o ensamblaje y similares, gestores y destinatarios), determinando su número y tamaño, de acuerdo a nivel de ventas. Para ello se hará uso de información a solicitar a CONAMA y la actual mesa de trabajo del sector Residuos electrónicos, y otras empresas del sector a visitar y consultar, además de datos de tipo comercial, listados de

importación y exportación del servicio de aduanas, cotejando dicha información con otros estudios previos realizados en el tema⁶.

El estudio presenta una cobertura de sobre el 70% de las empresas importadoras de equipos electrónicos. Para ello se generó una base de datos que considera los siguientes datos:

- Nombre
- Rut
- Dirección
- Representatividad sectorial

Para lo anterior también se solicitó el apoyo de las empresas y asociaciones que conforman actualmente una mesa de trabajo con CONAMA para la gestión de estos residuos, entre las que se encuentran:

- Asociación Chilena de Tecnologías de Información, ACTI
- Asociación de Telefonía Móvil, ATELMO
- SUR Corporación
- Olidata, Epson, Dell, Samsung, Sony, entre otras.

Actividad 2 Caracterización De La Distribución Geográfica De Las Empresas Del Rubro.

En paralelo con la actividad 1, se identifica y documenta la ubicación geográfica de las empresas e instalaciones relacionadas al rubro (Importadores, Distribuidores, servicios técnicos, gestores, y destinatarios), a nivel de principales ciudades y regiones, u otras clasificaciones según corresponda, a fin de establecer su grado de concentración, y posteriormente, los principales puntos a nivel país donde se generaría la mayor cantidad de equipos electrónicos usados.

ETAPA 3: CARACTERIZACION ECONOMICA DEL SECTOR

Actividad 1. Determinación De Tamaño Del Sector Y Su Importancia.

Se realizó una evaluación del tamaño del sector y su importancia relativa en Chile, en base a antecedentes como:

- factores de uso de cada producto, estableciendo tiempo de vida útil promedio por tipo en función de lo indicado por fabricantes y condiciones de uso.
- niveles potenciales del reemplazo de unidades, de acuerdo a tipo de producto.
- volúmenes de venta en unidades desde el año 2000 al 2008 (de importación y producción nacional (ensamblaje⁷) y origen de los productos.
- canales de comercialización.
- incidencia en el empleo.
- Brecha digital (diferencia en oportunidades de uso y acceso a la información digital de los sectores más vulnerables.)

Para la obtención de esta información se recurrió a estadísticas del INE, Servicio Nacional de Aduanas, Banco Central, datos de estudios previos y datos solicitados a las distintas empresas del rubro.

⁶ Steubing, 2007. Generación de Residuos electrónicos en Chile; por mencionar algunos.

⁷ En Chile existen varios comercios dedicados al rehúso de computadores y artefactos eléctricos y electrónicos desechados o de "segunda mano", uno de los mejores ejemplos son los de las calles San Diego con Av. Matta, el Persa Bio-Bío y las ferias libres ubicadas a lo largo del país.

Actividad 2 Tipo Y Características De Los Productos Comercializados En Chile.

Se desarrolló una caracterización del producto de manera específica, para determinar su composición y establecer el porcentaje real en que se encuentra presente cada material.

Se evaluó en forma general los procesos de fabricación, con información disponible a nivel internacional, para así definir si existen posibles variantes del mismo y de las materias primas utilizadas. Esto permite establecer, a priori, cuáles serán los volúmenes y potenciales destinos de los materiales que se generarían con la separación de sus componentes. Se analizó información de las políticas de las empresas individuales respecto de la composición de sus productos y la recuperación de productos usados y su destino.

Adicionalmente, se evaluaron antecedentes de las normativas de calidad establecidas para el producto y sus diversas tipologías, tanto a nivel nacional como internacional (principalmente de Europa y Estados Unidos), incluyendo normas ISO o similares, así como la existencia de normativa referida a los requisitos de ingreso al país. En ambos casos se realiza un análisis del grado de aplicabilidad actual, de acuerdo a la glosa del Servicio Nacional de Aduanas, para analizar y proponer aspectos que, eventualmente, deberían ser complementados a fin de lograr una mayor claridad de la información respecto de las cantidades ingresadas del producto al país.

Actividad 3 Evaluación Del Sector A Nivel Internacional

Dentro de esta actividad se recopiló toda la información necesaria para evaluar los sistemas de gestión en uso y la legislación internacional de países de la Comunidad Europea, Estados Unidos y otros, en base a sus avances en el tema de la gestión y recuperación de residuos electrónicos y en la aplicación del principio REP u otros. Otras normativas y sistemas de gestión a evaluar consideraron países de Latinoamérica, basándose en los avances establecidos por estudios de la Plataforma RELAC.

Esta actividad permite reconocer aspectos claves en la gestión y aspectos de legislación o normativa establecida en países que se han caracterizado por sus avances en el tema; rescatando los aspectos más importantes de estas normativas para generar lineamientos posibles de aplicar en Chile. Dentro de este punto también se analiza el problema que está generando la "exportación de residuos electrónicos" que actualmente realizan algunos países desarrollados hacia África, India, Pakistán y China.

Dentro de la información a recabar a nivel internacional, también se identificaron valores de factores de uso/consumo de diferentes tipos de equipos electrónicos.

Actividad 4 Evolución Del Sector En Los Últimos Años Y Proyecciones Para Los Próximos 10 Años.

Sobre la base del levantamiento de información desarrollado en las etapas anteriores y en base a información a solicitar a empresas del rubro, y estudios relacionados al tema, se establece la condición de evolución del mismo en los últimos años, analizando si existen variables de estacionalidad u otras variables que hayan incidido en un mayor o menor crecimiento esperado. Dicha información permite validar una proyección de crecimiento de los próximos años. Esta proyección se establece, inicialmente, de acuerdo a la tasa de crecimiento esperado de ventas de equipos y tasa de recambio a nivel nacional.

ETAPA 4: DIAGNOSTICO DE LA ACTUAL SITUACIÓN EN CHILE Y COMPARACIÓN CON EXPERIENCIAS A NIVEL INTERNACIONAL

Actividad 1 Diagnóstico De Generación De Residuos Electrónicos.

Esta actividad se focaliza en determinar los tipos y cantidades de equipos usados, generados a nivel nacional y por región, considerando Unidades/año, y Ton/mes o Ton/año, fundamentándose en datos recabados previamente en el estudio y datos entregados por las empresas del rubro, en particular de aquéllas que realizan ya actividades de recolección de parte de sus residuos electrónicos, e información de otros estudios realizados en forma previa a nivel nacional, algunos de los cuales han sido mencionados previamente en esta propuesta.

Para la clasificación inicial de los residuos electrónicos generados se consideraron las siguientes tipologías:

- Celulares.
- PC (CPU y monitores: CRT, LCD) y laptops.
- Impresoras y relacionados.

A este nivel se realizó, además, un análisis del porcentaje de recambio basándose en los datos estadísticos generados desde el estudio sobre el mercado de equipos electrónicos nuevos vs. equipos usados generados por año, con el fin de establecer el valor histórico del indicador cantidad de residuos electrónicos generados por año. El valor obtenido de este indicador permitió evaluar, además si existían vacíos de información que debieran ser complementados para afinar los resultados del estudio.

Adicionalmente, se llevó a cabo una comparación de los volúmenes de generación de equipos electrónicos determinados con índices o factores de generación a nivel internacional, a fin de determinar la situación del mercado nacional.

Entre los indicadores establecidos a este nivel de diagnóstico se tienen:

- Cantidad de residuos electrónicos generados por tipología (cantidad anual).
- Tasa de recambio por tipo de equipo considerado.
- Cantidad de equipos reciclados por tipología.

Actividad 2 Diagnóstico De La Gestión Actual De Los Residuos Electrónicos

Dentro de esta actividad se realizó un levantamiento de información respecto de el grado de gestión actual de los residuos electrónicos o proyectos en curso, por parte de las mismas empresas o de los distintos generadores, como:

- Organismos del Estado: FFAA, Municipios, Ministerios, Servicios Públicos, empresas estatales, empresas de recuperación con fines sociales.
- Organizaciones y empresas importadoras o distribuidoras

Se incluye información respecto a la responsabilidad actual de las empresas productoras, las municipalidades y las autoridades en la gestión de los productos usados.

A este nivel se analizaron los sistemas existentes de almacenamiento recolección y/o disposición que realiza cada uno de ellos y si existen convenios de gestión, retiro y transporte con alguna empresa en particular.

Actividad 3 Evaluación De Los Riesgos E Impactos De Los Residuos Electrónicos

Se realizó un análisis de los potenciales riesgos e impactos de los residuos electrónicos, principalmente en condiciones de almacenamiento y disposición no controlada, en función de

su potencial de riesgos de contaminación de diferentes elementos del medio (agua, aire, suelo) y potencial efecto a la salud humana, debido a la presencia de metales pesados y otros elementos tóxicos.

A su vez se identifican los potenciales riesgos de contaminación en su potencial reuso o reciclaje, en función de su composición y de la tecnología a utilizar. Para ello se utiliza información disponible a nivel nacional y de estudios internacionales.

Actividad 4 Identificación De Prácticas Actuales

Se realiza una descripción de las buenas prácticas implementadas actualmente en Chile sobre la base de información recabada desde las empresas del sector, investigando si existen sectores de generadores que también las hayan incorporado. Asimismo se efectúa un levantamiento de información y análisis de prácticas inadecuadas detectadas a la fecha.

Se incluye información de campañas de recolección de residuos electrónicos, realizadas y los resultados logrados por las mismas.

Actividad 5 Diagnóstico De Alternativas De Eliminación Actualmente En Uso

Esta actividad se orientó a levantar, evaluar y documentar información sobre las alternativas de eliminación de los residuos electrónicos actualmente disponibles en Chile (reciclaje para recuperación de diversos elementos), cuantificando o estimando el porcentaje de residuos que se destina a cada una de ellas, incluyendo una evaluación y estimación del mercado informal y de la disposición no autorizada de los mismos. La actividad incluyó entrevistas con las actuales empresas gestoras y destinatarias, levantando información de sus procesos, autorizaciones sanitarias y fiscalización de la autoridad. Esta información será chequeada a través de información a solicitar a MINSAL y SEREMI de Salud.

Para cada alternativa de eliminación analizada se indica, cuando corresponde, las características a cumplir por el producto recuperado y los volúmenes mínimos y/o máximos para que dicha opción sea técnica y económicamente viable.

A este nivel se incluye además, información de proyectos orientados a incorporar sistemas de gestión y eliminación adecuada.

Actividad 6 Diagnóstico Y Evaluación Técnico Económica De Alternativas De Eliminación A Nivel Mundial

Se realizó un levantamiento de información y la respectiva evaluación técnico-económica de alternativas de eliminación de residuos electrónicos disponibles a nivel mundial. Para cada alternativa se indica, cuando corresponda, las características del producto recuperado, volúmenes mínimos y/o máximos para que dicha opción sea técnica y económicamente viable, nivel de tecnología necesaria y requerimientos de equipamiento.

Entre las alternativas evaluadas se consideraron:

Alternativas de Reuso

- Reacondicionamiento de equipos para aumentar vida útil.

Alternativas de Reciclaje de materiales (previa trituración y posterior separación):

- Recuperación de metales (hierro, aluminio, cobre, metales preciosos)
- Recuperación del plástico y vidrio para nuevos productos.

Tratamientos específicos para elementos que contengan metales pesados o compuestos tóxicos como:

- CRT: vidrios y revestimiento de fósforo
- Lámparas de descarga: mercurio
- PCBs
- Mercurio
- Condensadores
- Plásticos bromados

Alternativas de disposición final

- Disposición de residuos finales sin aprovechamiento y materiales peligrosos en rellenos de seguridad

Actividad 7 Recomendaciones Para La Recuperación Y Manejo De Residuos Electrónicos En Chile.

En base a los resultados del diagnóstico desarrollado se generó una propuesta para la recuperación y manejo de residuos electrónicos en Chile, considerando aspectos como actuales canales de comercialización, empresas recuperadoras existentes y potenciales, bajo un esquema de sistema de gestión basado en el concepto REP.

La propuesta para la gestión adecuada de residuos electrónicos considera los diferentes actores del ciclo de manejo de las mismas: productores (importadores y empresas de ensamblaje), distribuidores (puntos de venta, talleres de reparación y refacción), consumidores (personas naturales y empresas) y gestores (recuperadores, centros de reciclaje, tratamiento y/o disposición final), además del Estado como ente regulador y fiscalizador, el cual está en proceso de generar las respectivas leyes y reglamentos para el desarrollo de un sistema de gestión bajo el concepto REP.

Se evalúa, tal como ocurre a nivel internacional, el rol de los productores en promover la devolución del equipo por parte del cliente (ya sea a través de algún tipo de incentivo o por concientización del cliente), mediante planes que garanticen su retornabilidad, así como también alternativas para la valorización de la misma. Por otro lado se analizará el rol de las autoridades competentes (Ministerios, CONAMA).

Al término de esta cuarta etapa se realiza una síntesis de la información recopilada y los resultados obtenidos a fin de sistematizarla en el informe final del estudio.

II RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO

2.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL SECTOR

2.1.1 Antecedentes del Mercado: Asociaciones Gremiales

Dentro de los sectores en estudio se pueden mencionar las siguientes agrupaciones, a nivel nacional:

ACTI: Asociación Chilena de Empresas de Tecnología de Información

La Asociación Chilena de Empresas de Tecnología de Información A.G. (ACTI) es la principal comunidad de empresas de la industria de tecnologías de información y comunicaciones en nuestro país, principalmente en los rubros de hardware, software, capacitación, integración de sistemas e Internet. Opera desde 1984 y cuenta con más de 150 compañías asociadas, tanto nacionales como internacionales con representación en Chile, las cuales representan cerca del 95% de la actividad empresarial del sector. Además, cobija a la Asociación Chilena de E-learning (ACEL)⁸.

ATELMO: Asociación Chilena de Telefonía móvil

La Asociación Chilena de Telefonía Móvil A.G., representa a las empresas de telefonía móvil de Chile; fue creada el año 2000. Sus asociados son las empresas ENTEL PCS, MOVISTAR y CLARO, quienes representan más del 99% de las ventas del sector.

Caracterización Económica General

Se estima que la industria TI, vende alrededor de 1.500 millones de dólares lo que equivale a un 1.2 o 1.3% del PIB. Un 48% de las compañías son pequeñas, un 28%, corresponde a compañías medias con ventas entre 852.000 dólares y 3.499.000 dólares. Mientras las grandes corresponden a un 23%, con ventas anuales superiores a 3.500.000 de dólares.⁹

Chile ocupó durante el año 2007, el puesto 31 entre 122 países en el Índice de Competitividad Tecnológica que realiza anualmente el Foro Económico Mundial. Este resultado lo situó como el líder de América Latina. En la misma encuesta, Chile se ubica en el cuarto lugar del mundo en cuanto a la participación del gobierno en la implementación de una estrategia nacional tecnológica.

Rubros relacionados al sector:

526020 Reparaciones eléctricas y electrónicas.
 642020 Servicios de telefonía móvil.
 322010 Fabricación y reparación de transmisores de radio, TV, telefonía.
 300010 Fabricación y armado de computadores y hardware en general.
 523930 Comercio al por menor de computadores, software y suministros.
 515007 Ventas al por mayor de maquinarias y equipos de oficina, incluyendo materiales conexos.

⁸ fuente www.acti.cl

⁹ Aspectos Generales de la Industria TIC en Chile. Raúl Ciudad, Presidente de ACTI. Noviembre 2007

2.1.2 Identificación Y Distribución Geográfica Del Universo De Empresas Del Sector Bajo Estudio¹⁰

El mercado actual de los productos electrónicos bajo estudio se encuentra conformado genéricamente por empresas productoras (importadoras) y sus locales de distribución, operadores (en el caso de telefonía celular), servicios técnicos, y ensambladores (en el caso de computación). El siguiente capítulo entrega una cuantificación de las mismas.

2.1.2.1 Empresas Productoras

Los productores del sector corresponden principalmente a empresas que importan equipos computacionales o celulares, ubicadas preferentemente en la Región Metropolitana, ya que en el país no existen empresas que fabriquen computadores o celulares, existiendo sí algunas empresas en que se elaboran componentes menores (suministros eléctricos) y otros que importan partes de equipos y realizan armado local de equipos (cuya incidencia en el mercado total bordea el 58-60%¹¹). Entre estos últimos se encuentran empresas que realizan el ensamblaje de equipos de marca (39%) y otros sin marca conocida (actualmente cerca de 20%)¹² .

Un punto importante de destacar es que este tipo de equipos también se importan en forma directa por parte de usuarios finales (niveles de compra de 1 a 4 equipos). No obstante, de la revisión de estadísticas de importación se puede estimar que el ingreso de equipos por dicha vía no supera el 0,1%.

La cantidad de empresas importadoras de computadores y celulares es bastante amplia. En base a los datos de importación de los últimos años se obtuvo la siguiente distribución¹³.

Tabla 2.1 Distribución de empresas importadoras de computadores y celulares

Cantidad importada equipos /año	Computadores		Celulares	
	Número empresas	%	Número empresas	%
entre 5 y 10	23	18%	11	17%
de 11 a 50	48	38%	14	21%
de 51 a 100	8	6%	7	11%
de 101 a 1000	27	22%	11	17%
de 1000 a 10000	9	7%	11	17%
mas de 10000	10	8%	12	18%
Total	125	100%	66	100%

Fuente Servicio Nacional de Aduanas (datos año 2008)

En base a los datos evaluados, alrededor de 10 empresas concentran más del 90% de las importaciones de computadores tanto desktop como laptop y 11 en el caso de celulares (ver detalles de empresas importadoras en Anexo 2A), destacándose las marcas siguientes:

- Olidata
- Hewlett Packard
- Packard Bell
- Dell
- Lenovo

¹⁰ Las empresas relacionadas al tema de reciclaje y disposición final se analizarán en el capítulo de Gestión de residuos a nivel nacional

¹¹ SILVA U. 2008. Seminario Gestión de Residuos Electrónicos. Diciembre.

¹² Steubing, 2007, en base a datos de IDC, actualizado con datos 2008

¹³ Se descartaron las empresas de rubros distintos a TIC, que aparecían en importaciones menores a 50 equipos ya que probablemente éstos eran para uso interno

- Acer
- Toshiba
- Sony
- Apple

Adicionalmente han ingresado al mercado otras marcas, como Kingston y ECS, además de marcas como Lanix, la que corresponde a equipos que se ensamblan en Chile.

En Chile se ha desarrollado en los últimos años un importante sector de ensamblaje local sin marca propia ("clones"). Según datos de estudios previos¹⁴, el año 2006, un 23% de los computadores vendidos (nuevos) estuvo integrado por clones. En la actualidad este sector equivaldría a menos del 20% del mercado total (ver detalle de ensambladores en Anexo 2F).

Dentro de las principales marcas para equipos de impresión se encuentran:

- Hewlett Packard
- Lexmark
- Canon
- Epson
- Samsung

En celulares, 12 empresas lideran las importaciones de este producto (99% del mercado) y alrededor de 7 marcas dominan el mercado, aunque éste último funciona a través de operadores, más que por marcas. De acuerdo a los datos recabados, las marcas principales en el mercado nacional son las siguientes:

- Nokia
- Samsung
- Motorola
- Sony Ericsson
- Alcatel
- LG
- Sagem
- Vodafone

2.1.2.3 Empresas Distribuidoras (Puntos De Venta)

El estudio, basado en información recabada de fuentes comerciales, identificó un total 640 puntos de venta para computadores, y equipos relacionados a nivel nacional; en el caso de celulares se contabilizaron 384 puntos de venta.

Dentro del universo se consideraron tanto aquellos dedicados específicamente al rubro como tiendas de retail, considerados como grandes empresas. Es importante mencionar que existen pocos locales de venta exclusiva en el caso de equipos de computación y sus periféricos, la mayoría son multimarcas. Para celulares los locales son todos multimarcas.

En el caso de los equipos de computación, los locales de venta son en tiendas especializadas en computación (442 puntos) y tiendas de retail (198 puntos). En el caso de los celulares, las ventas son fundamentalmente a través de los operadores de Telefonía Móvil (169 puntos de venta) y retail (215 puntos), no detectándose a la fecha venta directa desde los representantes de marcas internacionales. Esta información se detalla en la tabla 2.2 y en el Anexo 2D.

Adicionalmente, es importante mencionar que algunas tiendas de retail realizan importación directa de equipos electrónicos, incluso algunos refaccionados (refurbished), los que se venden a menor precio; pero no es posible determinar su cantidad, dado que los datos de importación de equipos no indican si los equipos son nuevos o usados.

¹⁴ Steubing, 2007

Tabla 2.2 Distribución de puntos de venta de computadores/ periféricos y celulares

REGIÓN	Celulares								Computadores y periféricos			
	Claro	Entel pcs	Movistar	Nextel	total operadores	Retail	Total general	Porcentaje	Retail	tiendas especializadas	Total general	Porcentaje
XV Región	1	1	1	-	3	1	4	1,04%	2	0	2	0%
I Región	1	1	1	-	3	6	9	2,34%	5	1	6	0,94%
II Región	2	3	2	-	7	13	20	5,21%	14	7	21	3,28%
III Región	1	2	2	-	5	6	11	2,86%	5	2	7	1,09%
IV Región	1	4	2	-	7	19	26	6,77%	11	4	15	2,34%
V Región	2	7	8	-	17	21	38	9,90%	20	16	36	5,63%
XIII Región	14	19	17	1	51	64	115	29,95%	76	363	439	68,59%
VI Región	1	3	3	-	7	13	20	5,21%	8	3	11	1,72%
VII Región	1	7	4	-	12	22	34	8,85%	15	10	25	3,91%
VIII Región	4	6	6	-	16	26	42	10,94%	18	16	34	5,31%
IX Región	1	6	5	-	12	5	17	4,43%	8	7	15	2,34%
XIV Región	1	1	1	-	8	6	14	3,65%	5	1	6	0,94%
X Región	2	6	6	-	14	9	23	5,99%	8	7	15	2,34%
XI Región	1	2	1	-	4	1	5	1,30%	1	0	1	0,16%
XII Región		1	2	-	3	3	6	1,56%	2	5	7	1,09%
Total general	33	69	61	1	169	215	384	100,00%	198	442	640	100%

De los datos obtenidos se observa claramente que el mayor porcentaje se encuentra localizado entre las regiones V y VIII. En el caso específico de equipos de computación, la RM concentra casi el 70% de los puntos de venta.

2.1.2.4 Empresas De Ensamblaje Y Servicios Técnicos

Se identificó un total de 160 empresas de servicios técnicos para celulares y 220 para equipos de computación. Respecto a ensambladores de equipos de computación, se han cuantificado 84 empresas, la mayoría en la región metropolitana. Las bases de datos con el detalle de las empresas se entregan en el anexo 2E.

Tabla 2.3 Distribución de servicios técnicos y ensambladores de computadores/ periféricos y celulares

REGIÓN	Celulares		Computadores y periféricos			
	Servicios Técnicos	Porcentaje	Servicios Técnicos	Porcentaje	Ensambladores	Porcentaje
XV Región	3	1,88%	3	1,36%		
I Región	2	1,25%	3	1,36%	1	
II Región	9	5,63%	12	5,45%	0	0,00%
III Región	5	3,13%	5	2,27%	1	
IV Región	7	4,38%	8	3,64%		

V Región	18	11,25%	25	11,36%	4	4,55%
XIII Región	42	26,25%	111	50,45%	74	84,09%
VI Región	8	5,00%	1	0,45%	2	2,27%
VII Región	11	6,88%	2	0,91%	3	3,41%
VIII Región	18	11,25%	9	4,09%	1	1,14%
IX Región	12	7,50%	9	4,09%		
XIV Región	3	1,88%	3	1,36%		
X Región	14	8,75%	22	10,00%	2	2,27%
XI Región	4	2,50%	5	2,27%		
XII Región	4	2,50%	2	0,91%		
Total general	160	100,00%	220	100,00%	88	100,00%

2.1.2.4 Empresas De Reciclaje Y Recuperación

Adicionalmente se detectó un total de 22 empresas relacionadas en mayor o menor grado al reciclaje de equipos electrónicos, 21 de ellas en la Región Metropolitana y una en la VIII región; el detalle de esta información se entrega en el Anexo 2G. El anexo 2H presenta a 44 empresas relacionadas al reciclaje de catridges de tinta y toner, Esencialmente se deben considerar dos instituciones relacionadas a la recuperación social de equipos (Chilenter y CDI), previo a operaciones de reciclaje.

Las figuras siguientes detallan la distribución geográfica de las distintas empresas relacionadas.

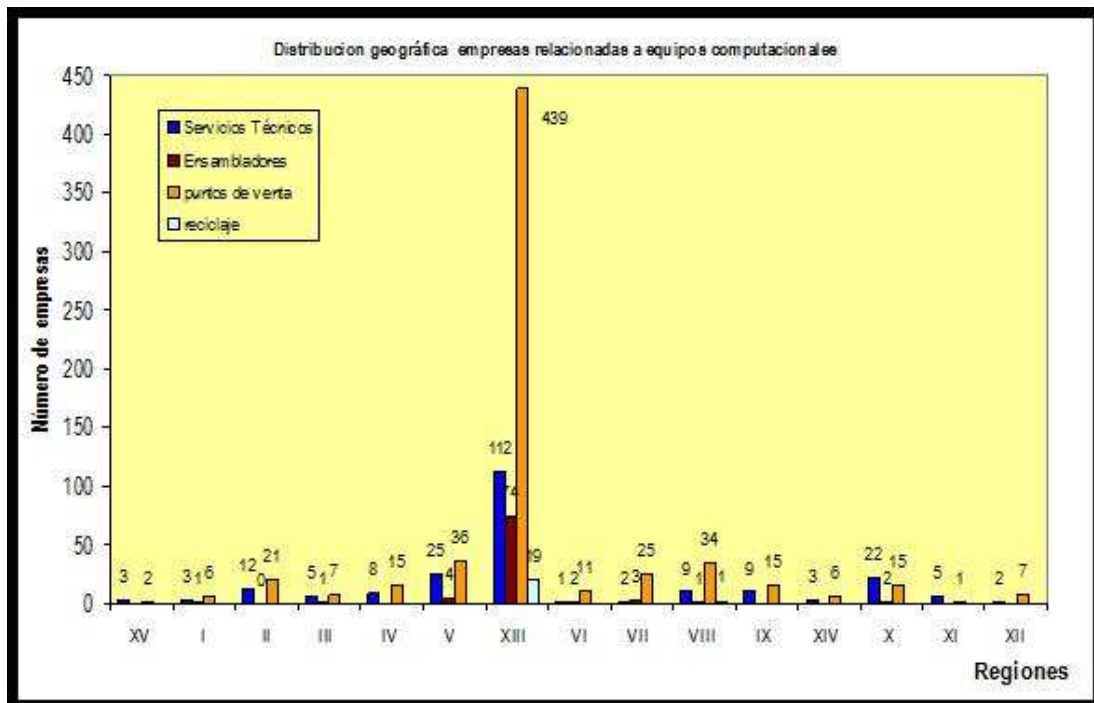


Figura 2.1 Distribución geográfica empresas relacionadas a equipos de computación

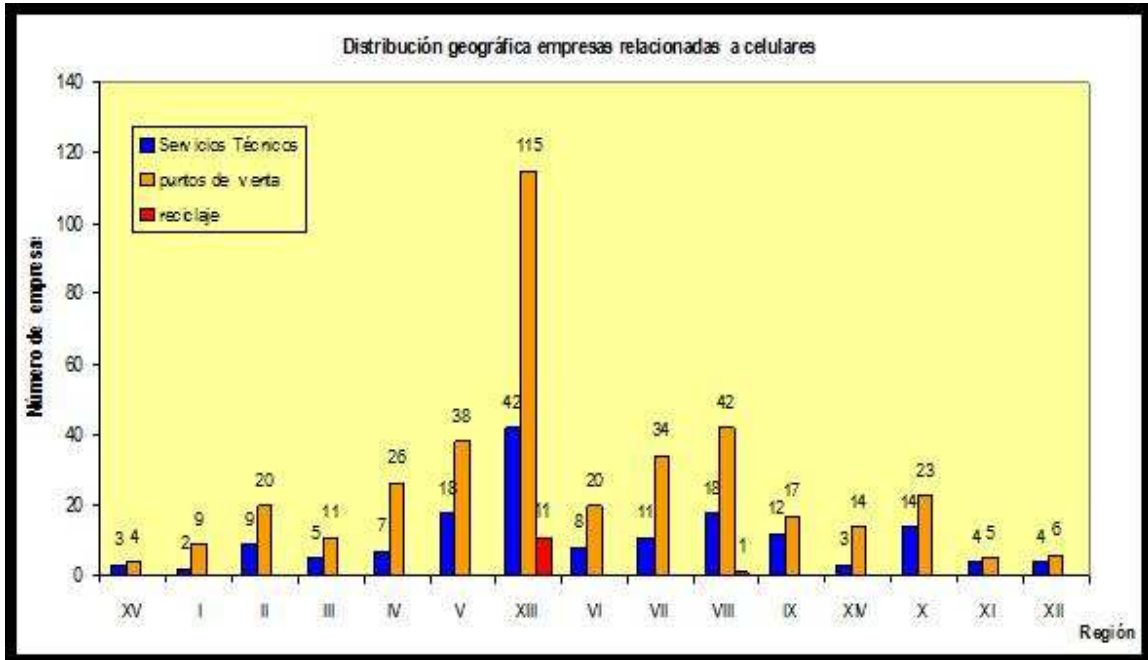


Figura 2.2 Distribución geográfica empresas relacionadas a celulares

Del análisis anterior se concluye que la mayor proporción de empresas relacionadas se concentran en la zona centro del país, con predominio entre la Región Metropolitana y la V región, siguiendo en importancia las regiones VII y VIII por el sur. Dicha proporción se mantiene para los usuarios de equipos, pues es directamente dependiente de las zonas de mayor concentración de la población (RM, V y VIII región)¹⁵, como se verá en el siguiente punto.

2.2 CARACTERIZACION ECONOMICA DEL SECTOR

2.2.1 Tamaño Del Sector

Desde la década de los ochenta la economía chilena experimentó un crecimiento constante hasta el año 2007, siendo el PIB de esos últimos años el más alto de los países latinoamericanos¹⁶, como consecuencia de ello el desarrollo del uso de tecnologías de la información en Chile llegó a ser el más alto de Latinoamérica y el Caribe (LAC).

Computadores

De acuerdo con el Indicador de la Sociedad de la Información (ISI), la tasa de penetración de computadores en Chile fue de 242 por cada mil habitantes en el tercer trimestre del 2007 y de 308 en el tercer trimestre del 2008, el más alto a escala regional. A diciembre de 2008, dicho

¹⁵ datos Censo 2002 y encuesta CASEN 2006

¹⁶ datos SUBTEL 2008

valor aumentó a 316 por cada mil habitantes. Para el 2009 se estima que crecerá hasta 383 computadores por cada mil chilenos.

En cuanto a conexión a Internet (DSL, cable, etc.), Chile está aún más avanzado que sus vecinos. Según la SUBTEL, el año 2006 había un poco más de un millón de conexiones a Internet es decir, 6,8 conexiones por cada cien habitantes, en tanto a septiembre de 2008 se llegó a poco más de 1,44 millones (87% de tipo residencial). No obstante, persiste una importante brecha en el uso de tecnologías de la información si se lo compara por ejemplo con Estados Unidos u otros países de Europa, situación que debería comenzar a revertirse con la entrada en operación del proyecto de infraestructura digital para la competitividad e innovación, el cual espera lograr una cobertura del 92%.¹⁷

Según información de SUBTEL, el número de conexiones a Internet durante el año 2007 alcanzó 1.355.760, lo cual significa un aumento del 22,7% respecto al año anterior. A septiembre de 2008 la penetración de Internet, medida por el número de conexiones por cada 100 habitantes, alcanzó a 8,57 %, siendo las regiones de Antofagasta y Metropolitana las que presentan los mayores índices con 12,33 % y 11.29 % respectivamente. Siguen, en orden de importancia, las regiones I, XV y V. En número de conexiones, la Región Metropolitana concentra el 53% seguida de lejos por las regiones V con el 10,8% y la VIII con el 8,8% (ver Tabla 2.4).

Al número de conexiones anteriores se deben sumar las conexiones de Internet móvil, las que a diciembre de 2008 sumaban 233 mil¹⁸. Es importante mencionar, que de junio de 2008 a diciembre éstas aumentaron en un 89%, por lo que se espera que este segmento obtenga un crecimiento importante durante el 2009.

Tabla 2.4 distribución de conexiones Internet fija a nivel nacional

Región	número conexiones	Porcentaje país.	conexión/100 hab.
XV Región	18.069	1,3%	9,66
I Región	30.277	2,1%	10,02
II Región	69.473	4,8%	12,33
III Región	18.688	1,3%	6,75
IV Región	38.656	2,7%	5,52
V Región	154.982	10,8%	8,98
XIII Región	763.318	53,0%	11.29
VI Región	38.702	2,7%	4,46
VII Región	39.595	2,7%	3,99
VIII Región	127.222	8,8%	6,32
IX Región	44.901	3,1%	4,7
XIV Región	24.086	1,7%	6,39
X Región	55.378	3,8%	6,77
XI Región	5.143	0,4%	5
XII Región	12.119	0,8%	7,68
Total País	1.440.609	100,0%	8,57

Fuente: Estadísticas SUBTEL 2008

¹⁷ WWW.subtel.cl

¹⁸ Fuente estadística SUBTEL 2008.

En cuanto a la organización del mercado, en el segmento de proveedores de Internet durante el año 2008 SUBTEL registra a 34 empresas. Telefónica poseía el 45,5% de participación a diciembre de 2007, seguida de VTR banda ancha con 38,5% de participación, según el número de conexiones. Siguen en orden de importancia: Telsur con 6,4%, ENTEL Chile S.A. con un 3,1% y GTD Manquehue con 2,2%. Las empresas restantes registran una participación inferior a 4,0%.

Como antecedente adicional, el Plan de Acción Digital 2008-2010 plantea, entre sus ejes de acción, la disminución de la brecha digital a nivel país, incrementando la conectividad (a fin de acortar brechas por distribución geográfica, diferencia de ingresos o del mundo rural), conectando a 2,3 millones de hogares con banda ancha, la adopción de TIC en Empresas y Clusters, duplicando el número de empresas que incorporan TIC en procesos productivos y reducir la brecha en educación y Capacitación, disminuyendo la tasa de 29 alumnos por computador a 10 alumnos por computador¹⁹. Esto conlleva a que en el futuro cercano el uso de estos equipos mantendrá e incluso podría aumentar su tasa de crecimiento.

Celulares

El número de abonados o usuarios de telefonía móvil ha crecido de manera exponencial a partir de 1997. Entre los años 1997 y 1999 la densidad del servicio se incrementó desde 2,8 a 15 aparatos móviles por cada 100 habitantes. En dichos años se produjo la entrada de dos nuevos actores con el sistema PCS y se fijaron las tarifas para los cargos de acceso para los tráficos de entrada de redes móviles y fijas, regulación que permitió la efectiva implementación de la tarificación CPP (el que llama paga) y la introducción masiva del sistema de prepago²⁰. Desde el punto de vista de hogares, entre el año 2000 y 2007 se llegó desde 0,9 a 3,2 teléfonos móviles por cada hogar.

De acuerdo con el Indicador de la Sociedad de la Información (ISI), la tasa de penetración de celulares en Chile al tercer trimestre del 2007 fue de 804 celulares por cada mil habitantes, cifra que aumentó a 872 a igual fecha del 2008.

Tabla 2.5 Indicadores de desarrollo de TIC en Chile y otros países

indicador	Chile 2006 (tercer trimestre)	Chile 2007 (tercer trimestre)	Chile 2008 (tercer trimestre)	Latinoamérica 2007(tercer trimestre)	Estados Unidos 2007 (tercer trimestre)
Computadores por cada 1000 Habitantes	201	242	308	149	785
Teléfonos móviles por cada 1000 habitantes	713	804	872	690	820

Fuente ISI (Indicador de la Sociedad de la Información) (2008). *Situación de las Tecnologías de la Información en Argentina, Brasil, Chile y México*. 3er trimestre 2007. IESE Business School CELA

SUBTEL indica que a Diciembre del 2007 el número de abonados móviles por cada 100 habitantes, alcanzó 83,7 usuarios por cada 100 habitantes, o un total de 13.955.202 abonados. A Diciembre de 2008, el número de abonados aumentó a 14.796.593, alcanzando una tasa de penetración del **87,83%**.

Durante el año 2007 la penetración de telefonía móvil en Chile superaba a la registrada en países como Estados Unidos, Japón y Canadá. Aunque se mantiene distante de países con alto desarrollo de este tipo de servicios como es el caso de Finlandia, Alemania o Australia. Chile se mantiene como uno de los líderes entre los países de América Latina, ya que la industria local supera a países como Brasil (56,4%); México (56,0%); Colombia (70,8%). Chile es superado solamente por Argentina (88,8%).

En cuanto a la organización del mercado, en el segmento de operadores de Telefonía Móvil durante el año 2008 participaron 4 empresas: MOVISTAR, ENTEL PCS, CLARO CHILE y NEXTEL.

¹⁹ Ministerio de Economía, 2008

²⁰ Gerens. 2007. Análisis Económico-Estratégico de la Industria de Telefonía Móvil en Chile. ATELMO.

MOVISTAR registra un 42,57% de los abonados, siguen en el orden de importancia, ENTEL PCS con un 38,8% , CLARO con 18,58% y NEXTEL con un 0,05%²¹ Respecto a la modalidad de contratos, cerca del 80% de los equipos funcionan con modalidad prepago.

La información indicada anteriormente se grafica en las figuras 2.3 y 2.4. Las proyecciones para el año 2009 indican que el número de celulares/100 habitantes llegaría a ceca de 95 y el número de computadores/100 habitantes bordearía los 38,3, con lo cual el número de equipos en uso ascendería a casi 16,1 millones de celulares en uso y 6,5 millones de computadores²².

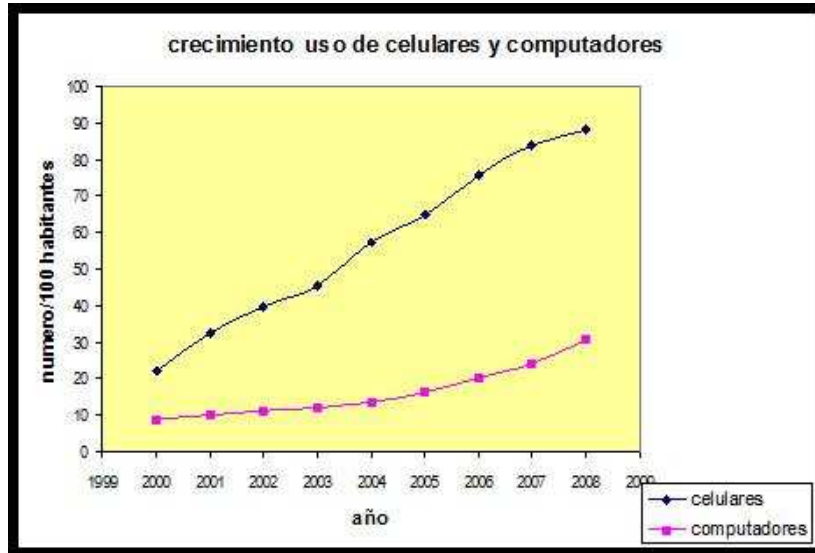


Figura 2.3 Evolución del número de equipos/100 habitantes, valores acumulados (fuente SUBTEL, 2007)

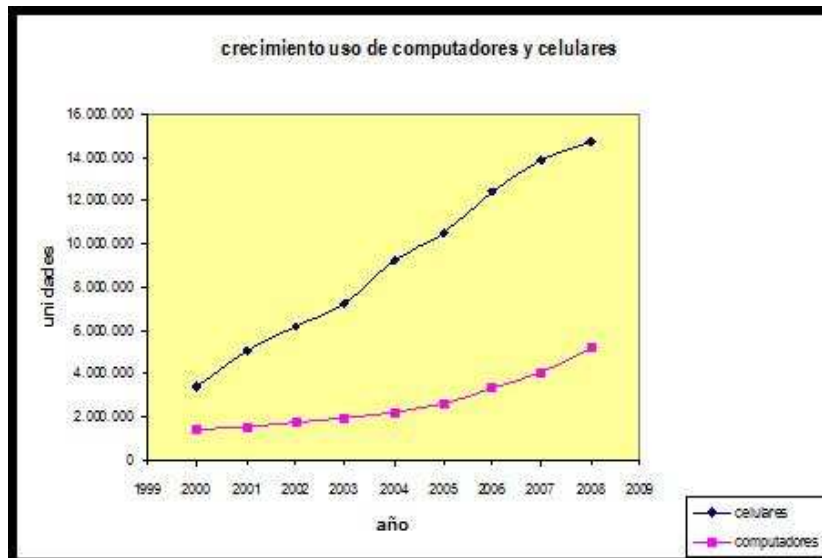


Figura 2.4 Evolución del número de unidades en uso, valores acumulados (fuente SUBTEL, 2007)

²¹ Estadísticas SUBTEL, abonados a móviles 2008.

²² Fuente ISI (Indicador de la Sociedad de la Información) (2009) *Situación de las Tecnologías de la Información en Argentina, Brasil, Chile y México*. 3er trimestre 2008. IESE Business School CELA

Las figuras 2.5 y 2.6 resumen el flujo de los productos bajo estudio y la cuantificación realizada de los distintos actores involucrados.

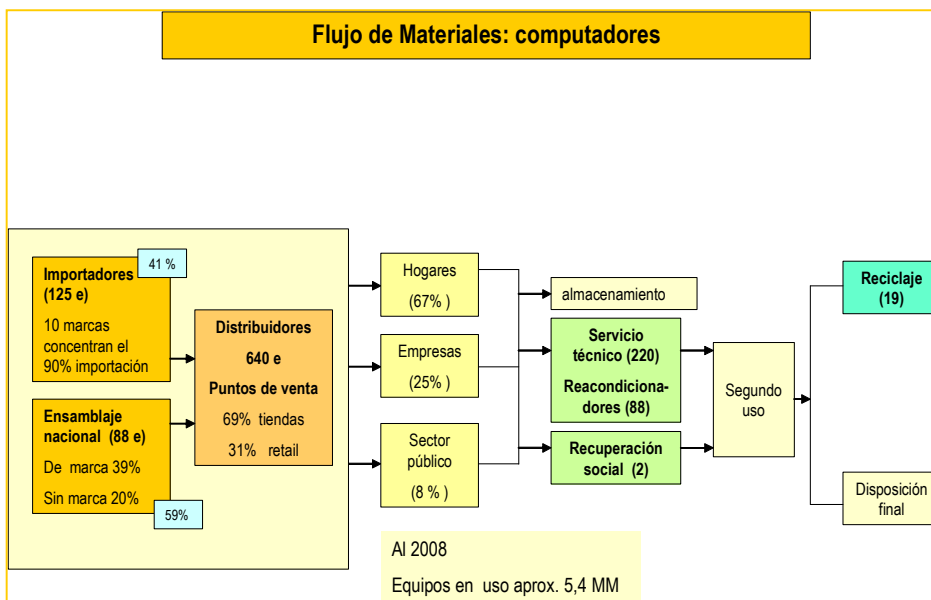


Figura 2.5 Flujos y distribución de actores para equipos computacionales

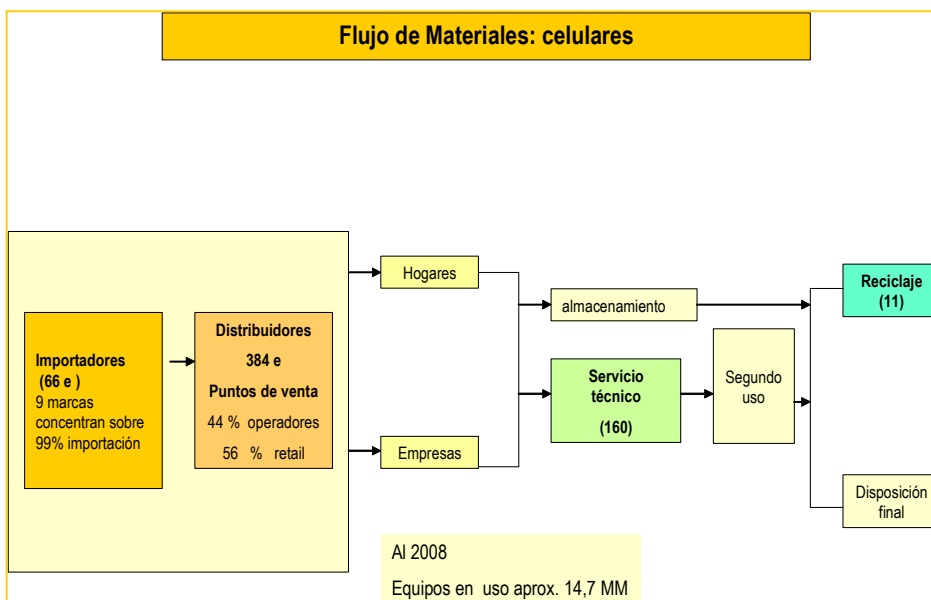


Figura 2.6 Flujos y distribución de actores para celulares

2.2.2 Evaluación De Productos Electrónicos Comercializados En Chile²³

a) Importación y origen de los productos

La evolución histórica de las importaciones de los productos electrónicos bajo estudio se recabó desde registros del Servicio de Aduanas (Estacomex, y bases de datos relacionadas) y Banco Central. La información se presenta más detallada en el Anexo 2B, diferenciada por código de producto y principales países de origen para las glosas de productos más relevantes.

Tabla 2.6 Datos de importación (unidades) equipos computacionales y celulares (2002-2008)

Año	computadores	Impresoras (total)	monitores CRT	monitores LCD	monitores totales	Unidades de memoria de disco	teclados	Celulares
2002	167.251	307.449	301.459	108.505	409.964	790.260	421.442	2.277.273
2003	202.767	372.688	382.688	110.594	493.282	837.242	656.483	2.822.588
2004	317.588	531.628	482.566	85.968	568.534	1.116.504	785.863	4.177.956
2005	453.407	635.185	512.109	164.608	676.717	1.620.532	972.772	5.082.134
2006	571.510	686.000	267.668	380.851	648.519	1.418.106	1.127.333	6.747.684
2007	853.265	861.146	139.100	578.000	717.100	1.495.000	1.141.471	6.549.000
2008	1.017.088	829.810	101.490	575.140	676.630	1.885.000	926.852	6.272.000

(s.i: sin información a la fecha)

Fuente: estadísticas Servicio de Aduanas, Indicadores Comercio Exterior 2008 Banco Central

(Tabla 2.6 continuación)

Año	Cartidges (Kg)	Toner láser (unidades)	Impresoras láser
2002	241.595	1.386.620	27.779
2003	274.862	5.006.048	28.043
2004	295.515	4.823.658	49.352
2005	300.718	1.569.333	56.988
2006	301.306	1.493.736	69.059
2007	278.015	1.284.428	68.982
2008	264.328	1.325.316	80.052

Para el caso de equipos computacionales se observa actualmente una fuerte predominancia de importación de origen Chino, tal como se detalla en la siguiente tabla y en el Anexo 2B.

Tabla 2.7 Principales países de origen equipos computacionales y celulares

Equipo	Principales países de origen
Computadores	China, Estados Unidos
Impresoras	China, Estados Unidos, Brasil, Indonesia
Monitores CRT	China, Estados Unidos, Indonesia
Monitores LCD	China
catridges	Estados Unidos, China, Mexico
Tonner impresora láser	Estados Unidos, Argentina
Unidades de memoria de disco	Estados Unidos, Corea del Sur
Teclados	China
Celulares	México, Brasil, Corea del Sur

Fuente: estadísticas Servicio de Aduanas

²³ La información de ventas e importaciones de equipos computacionales y teléfonos celulares proviene de publicaciones de prensa y estudios basados en datos de International Data Corporation (IDC) y de la base de datos en línea del Servicio Nacional de Aduanas de Chile, Estacomex.

b) Exportaciones

En el análisis de información se determinó también un flujo de exportación de equipos computacionales y celulares, según se muestra en la tabla siguiente. La información se presenta detallada en el Anexo 2C, diferenciada por código de producto y principales países de destino para las glosas de productos más relevantes.

Tabla 2.8 Datos de exportación equipos computacionales y celulares (2002-2008)

Año	computadores	Impresoras (total)	monitores CRT	monitores LCD	monitores totales	Unidades de memoria de disco	Teclados	celulares
2002	2.599	3.359	5.522	1.438	6.960	18.556	592	19.580
2003	5.950	15.738	12.875	2.070	14.945	9.740	10116	431.239
2004	8.306	7.012	8.205	898	9.103	13.199	7842	208.262
2005	13.035	40.257	6.898	886	7.784	7.927	15556	352.058
2006	18.908	15.187	11.440	6.695	18.135	18.117	6482	410.698
2007	29.604	23.850	12.100	8.050	20.100	15.300	7.539	450.000
2008	58.951	27.150	12.850	9.025	23.200	17.500	8.500	440.000

Fuente: estadísticas Servicio de Aduanas y estimaciones en base a datos Banco Central

(Tabla 2.8 continuación)

Año	Impresoras láser	toner láser Unidades	catridges tinta (kg)
2002	234	14.440	2.991
2003	2.843	22.493	3.341
2004	1.280	77.700	9.145
2005	3.063	28.022	3.917
2006	2.234	47.554	2.222
2007	2.850	31.479	1.350
2008	3.160	32.266	1.219

Los principales destinos de exportación de equipos electrónicos, como tales, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.9 Principales países de destino equipos computacionales

Equipo	Principales países de destino
Computadores	Perú, Argentina, Estados Unidos
Impresoras	Estados Unidos, Perú, Bolivia, Argentina
Monitores CRT	Perú, Brasil, Italia
Monitores LCD	Perú, Paraguay, Argentina, Estados Unidos
Unidades de memoria de disco	Estados Unidos
Teclados	Argentina, Estados Unidos
Catridges tinta	Bolivia, Uruguay, Argentina, Estados Unidos
Toner impresora láser	Argentina, Perú, Bolivia
Celulares	Estados Unidos

Fuente: estadísticas Servicio de Aduanas

c) Ventas de Computadores

El mercado de computadores mostró tasas de crecimiento de 23 % en 2005 y 35 % en 2006. En 2006 se vendieron más de 800 mil computadores, y para el 2008 las ventas superaron el millón de unidades, con un crecimiento sobre el 20% respecto al año anterior.

Según estudios previos (Prince, 2006), en el período 1983 a 2005 se han vendido en Chile cerca de 5 millones de computadores, estimándose que al 2005 se encontraban en uso alrededor de 3,5 millones (70%). De acuerdo a los datos indicados previamente, basados en el Indicador ISI, al 2008 existían cerca de 5,4 millones de computadores en uso.

En el mercado actual de los productos de computación se están generando varios cambios importantes, entre los cuales se cuentan:

- Sustitución de monitores CRT a pantallas planas LCD.
- Aumento en el uso de compra de computadores portátiles (laptop) en el mercado.
- Sustitución de la tradicional impresora por equipos de impresión multifuncionales.

De acuerdo a datos de IDC, de todos los computadores vendidos en Chile en el 2006, un 35% fue de equipos portátiles (239.000 unidades); al 2007 se llegó a un aumento al 42% (357.000 unidades), manteniéndose la tendencia al aumento en el 2008 con una proyección del 55%²⁴.

Respecto a la venta de impresoras el año 2007 la venta fue cercana a las 686.000 unidades, un 8% mayor respecto al 2006 (635.000 unidades), dicho año la venta de multifuncionales alcanzó las 374.000 unidades, más del 50% del total²⁵. El destino de estos equipos se estableció en un 58% para hogares y el porcentaje restante a industria e instituciones de gobierno²⁶.

Tabla 2.10 Comparación de datos de importación y ventas computadores a nivel nacional periodo 2002-2008

Año	importación unidades	ventas (1)	ventas (2)
2002	167.251	393.724	399.900
2003	202.767	407.744	460.900
2004	317.588	504.560	615.900
2005	453.407	622.709	745.400
2006	571.510	843.117	816.400
2007	853.265	1.150.000	873.700
2008	1.017.088	1.230.000	917.200

Fuente: (1) Servicio Nacional Aduanas y Banco Central, (2) Steubing 2007, ajustado con datos empresas del sector, (3) Prince 2006

La diferencia entre los datos de importación y los datos de venta (referencia 1) correspondería a la venta de equipos armados a nivel nacional sin marca o "clones". Se observa que dicha diferencia ha disminuido con los años, lo cual indica una caída en la venta de los productos denominados clones, debido a un aumento en la adquisición de equipos de marca los que han disminuido sus precios en los últimos años²⁷ (baja del dólar), lo que los ha hecho más baratos y accesibles al consumidor promedio. Dicha diferencia era cercana al 27% al año 2005, reduciéndose a cerca del 20 % al año 2008.

²⁴ Diario Estrategia Septiembre 30, 2008

²⁵ Chanel News Abril 2008

²⁶ Información de Tendencias IDC 2008

²⁷ Información de Chanel News, enero 2009

Considerando la diferenciación entre desktop y laptop, y tipos de monitores, se obtiene la distribución por ventas detallada en la tabla 2.11. Las ventas de periféricos son similares a los datos de importación, de acuerdo a lo indicado por las empresas del sector.

Tabla 2.11 Ventas de equipos computacionales

Año	ventas computadores	desktop	laptop	monitores CRT	monitores LCD	monitores totales	impresoras
2002	393.724	357.508	36.216	301.459	108.505	409.964	307.449
2003	407.744	365.220	42.524	382.688	110.594	493.282	372.688
2004	504.560	434.594	69.966	482.566	85.968	568.534	605.430
2005	622.709	503.209	119.500	512.109	164.608	676.717	635.185
2006	843.117	604.117	239.000	267.668	380.851	648.519	686.000
2007	1.115.000	599.130	515.870	139.100	578.000	717.100	861.146
2008	1.230.000	546.080	683.920	101.490	575.140	676.630	829.810

Nota: para CRT y LCD se utilizaron datos de importación, para impresoras se utilizaron datos de importación ajustados con datos disponibles de ventas.

Ventas de celulares

De acuerdo a estadísticas de la Cámara de Comercio de Santiago, las ventas de celulares alcanzaron a 3,2 millones de unidades durante el año 2007, considerándose que dos de cada tres celulares vendidos correspondía a reposición de equipos, con un aumento del 22% respecto a las ventas del año 2006 (2,5 millones de unidades, periodo en que el índice de reposición estimado fue uno de cada tres celulares). No obstante, la importación histórica de los últimos tres años ha superado los 6 millones de unidades²⁸.

2.2.3 Balance Del Total Celulares Y Equipos De Computación

En general, el porcentaje promedio de exportación frente a importación para estos equipos no supera del 1 al 3%, a excepción de los computadores en los últimos dos años, cuyo porcentaje es del 5% y los celulares con un 7% promedio.

En el caso de las exportaciones de equipos computacionales, se estima inicialmente que una gran parte de los mismos corresponde a ventas de equipos armados o refaccionados en el país. Para el caso de celulares existe un flujo de equipos estimado en alrededor de 150.000 unidades al año 2008²⁹ que se exporta a países de la región, como partes y piezas, para su recuperación y reuso, o bien para su reciclaje. Por otra parte se ha detectado parcialmente el envío de equipos electrónicos como material en desuso, dentro de glosas diversas de exportación, pero no es posible cuantificar claramente este ítem debido a que no existe uniformidad de clasificación de estos materiales.

2.2.4 Niveles De Reemplazo Y Cuantificación De Equipos Fuera De Uso (Residuos)

La vida útil de un equipo electrónico es altamente dependiente de la calidad del equipo, patrones de uso y condiciones de mantención, ya que las condiciones pueden diferir sustancialmente, por dar algunos ejemplos, en el uso que da un usuario particular, de una empresa o una tienda. En este caso se debe distinguir entre la vida útil y el promedio de uso.

Se estima que el promedio de uso de los computadores en los países desarrollados ha disminuido de seis años en 1997 a solamente dos años en 2005 y que los teléfonos móviles

²⁸ Indicadores de Comercio exterior Banco Central 2007, 2008.

²⁹ Información de empresas de recuperación de celulares

tienen un ciclo de vida de entre 1,5 y dos años. Según datos de la EPA³⁰, actualmente el promedio de uso de un computador portátil es de 3 años, el de un monitor 6 años y un celular 2 años, a pesar que su vida útil efectiva es mayor (ver figura 2.7).

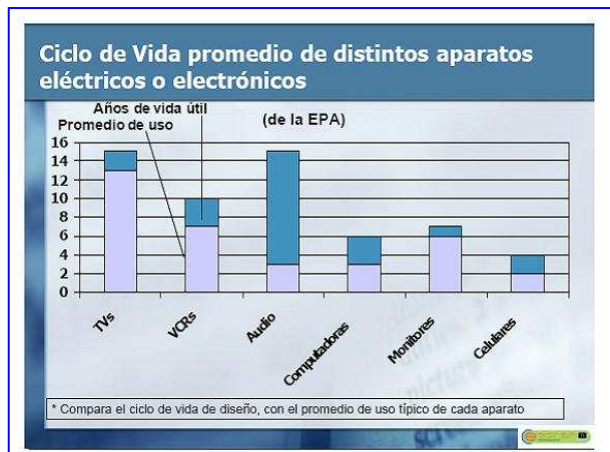


Figura 2.7 Comparación entre tiempo de uso y años de vida útil de los equipos electrónicos (Fuente EPA, 2008)

El tiempo promedio de uso de estos equipos se ha acortado a medida que la tecnología ha avanzado, ya que muchos de ellos se desechan, no porque ya no funcionan, sino para sustituirlos por un modelo diferente, de menor peso, diferente color o con nuevas prestaciones. La tendencia hacia una constante disminución del peso y tamaño también ha acelerado cada vez más el ritmo de recambio³¹. La actual cultura de consumo asume como normal que algunos equipos electrónicos, como computadoras, teléfonos celulares y otros aparatos de uso diario han sido diseñados para un período de vida útil limitado. La tabla 2.12 recopila información de tiempos de uso promedio para los equipos considerados.

Tabla 2.12 Factores de uso promedio (distintas fuentes)

Equipo	EPA ²⁰	Argentina ³²	Chile ³³
PC (Desktop)	6 años	3 años	4 a 6 años
Notebook (Laptop)	3 años	-	-
Impresoras	6 años	3 a 5 años	-
Monitores	6 años	4 a 7 años	6 años
Celulares	2 años	2 años	-

Lo anteriormente indicado es ratificado en un estudio reciente (Prince, 2006), donde se evalúa cualitativamente el impacto de diversos equipos electrónicos, en cuanto a su tasa de crecimiento, periodo de uso, volumen de residuos producidos y nivel de contaminantes.

Tabla 2.13 Impacto de los equipos electrónicos

Producto	Desktops	Laptops	Impresoras	Teléfonos Celulares
Crecimiento	medio	Medio alto	medio	Alto
Tiempo de uso	medio	Medio corto	Medio corto	Corto
Volumen de residuos equivalente	Medio alto	bajo	Medio alto	Medio bajo
Contaminantes	Medio	alto	Medio bajo	Medio alto

Fuente: Prince, 2006

³⁰ EPA 530-R-08-009. 2008 ELECTRONICS WASTE MANAGEMENT IN THE UNITED STATES APPROACH 1,; Electronic Product Recovery and Recycling Baseline Report. US National Safety Council

³¹ Un estudio de RetroSystems Inc., indica que el tiempo de vida de la CPU de un PC es tanto menor cuanto más reciente sea su año de fabricación, estimándose alrededor de los dos años a partir del año 2005. Un estudio similar, reveló que el 15,6% de los usuarios profesionales reemplazaron sus ordenadores en menos de 2 años y el 45,0% cada 3 años

³² El impacto de la basura electrónica. www.escrap.com.ar

³³ Steubing, 2007

Los antecedentes previos corresponderían al tiempo efectivo para un primer uso, ya que normalmente estos equipos son traspasados a un nuevo usuario, con o sin actualización y/o reparación, lo cual aumenta su vida útil en 2 a 4 años, o bien quedan almacenados, lo cual se explica en mayor detalle en el punto 2.2.5.

El estudio Paying The Price (2004) determinó la vida útil de cada componente de un computador frente a sus posibilidades de falla³⁴. La mayoría de los usuarios, por lo general, utilizan un computador por tres a cinco años antes de darlo de baja. Es en este período donde existe la mayor probabilidad de fallas en el mayor número de piezas y componentes. Por otra parte, al ser estas piezas y componentes "antiguos" se van descontinuando y es más difícil encontrar uno que se adapte adecuadamente.

Tabla 2.14 vida útil estimada por componente

Componente	Año 1	Año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	Año 8
Fuente de poder			X	X	X	X		
Placa madre				X	X	X	X	
Procesador								
Memoria								
Tarjeta de video					X	X	X	
Monitor					X	X	X	X
Disco duro			X	X	X			
CD ROM				X	X	X		
Teclado				X	X	X		
Mouse	X	X	X	X				

X	Probabilidad de falla
	Vida útil de cada componente

En base a los datos anteriores se podría estimar una vida útil promedio (primer uso) de 5 años para un desktop, impresora y monitores, 3 años para un laptop y 2 años para un celular. Un segundo uso, se asume, aumentaría la vida útil de estos equipos en alrededor de un 50%.

Cuantificación de equipos fuera de uso (generación de residuos electrónicos)

Estudios recientes de la generación de residuos electrónicos en Chile³⁵ indican que el año 2007, alrededor de 300 mil equipos de escritorio y computadoras portátiles se convirtieron en residuos electrónicos, de los cuales sólo se recicló entre un 1 y 3%, mientras que para el 2020 la cantidad de equipos obsoletos llegará a 1.7 millones anuales³⁶. En términos de peso, la cifra se triplicará, pasando de 7.000 toneladas en el 2007 a 20.000 toneladas en el 2020. El crecimiento de este tipo de residuos sería de un 10% anual, a un ritmo dos veces mayor que el de la basura municipal.

De acuerdo a los datos recabados en el presente estudio, respecto de ventas históricas y proyectadas de los distintos equipos, y considerando un ajuste de las curvas de generación de los distintos tipos de residuos, se realizó una estimación de la generación de los mismos. Los datos de ventas usados como base y los supuestos considerados se indican en la tabla 2.15.

³⁴ OPEN RESEARCH 2004
³⁵ Steubing, 2007
³⁶ D Garcés, U silva, 2008

Tabla 2.15 Ventas de equipos electrónicos (unidades) 1983-2008 y proyección 2009-2014

Año	desktop	laptop	Impresoras totales	impresoras láser	monitores CRT	monitores LCD	celulares	tarjetas	teclados	toner impresora láser	catridges tinta (kg)
1983-1993	1.078.200	0	841.939	76.072	1.078.200	0	100.000	2.164.101	1.154.105	3.797.212	661600
1994-2001	1.659.800	105.337	1.378.350	124.538	1.428.760	70.000	3.000.000	3.542.881	1.889.402	6.216.472	1083115
2002	357.508	36.216	307.449	27.779	301.459	108.505	2.277.273	790.260	421.442	1.386.620	241595
2003	365.220	42.524	372.688	28.043	382.688	110.594	2.822.588	837.242	656.483	5.006.048	274862
2004	434.594	69.966	531.628	49.352	482.566	85.968	4.177.956	1.116.504	785.863	4.823.658	295515
2005	503.209	119.500	635.185	56.988	512.109	164.608	5.082.134	1.620.532	972.772	1.569.333	300718
2006	604.117	239.000	686.000	69.059	267.668	380.851	6.747.684	1.418.106	1.127.333	1.493.736	301306
2007	599.130	515.870	861.146	68.982	139.100	578.000	6.549.000	1.495.000	1.141.471	1.284.428	278015
2008	546.080	683.920	829.810	80.052	101.490	575.140	6.272.000	1.885.000	926.852	1.325.316	264328
2009	600.688	752.312	912.791	88.057	60.069	540.619	6.585.600	2.073.500	1.019.537	1.457.848	290.761
2010	660.757	827.543	1.004.070	96.863	33.038	627.719	6.914.880	2.280.850	1.121.491	1.603.632	319.837
2011	726.832	910.298	1.104.477	106.549	21.805	705.028	7.260.624	2.508.935	1.233.640	1.763.996	351.821
2012	799.516	1.001.327	1.214.925	117.204	7.995	791.521	7.623.655	2.759.829	1.357.004	1.940.395	387.003
2013	879.467	1.101.460	1.336.417	128.925	4.397	875.070	8.004.838	3.035.811	1.492.704	2.134.435	425.703
2014	967.414	1.211.606	1.470.059	141.817	0	967.414	8.405.080	3.339.392	1.641.975	2.347.878	468.273

- Los datos de ventas acumuladas hasta el año 2001 se tomaron de estudios previos³⁷.
- Para impresoras totales y tarjetas, los valores 2007 y 2008 se estimaron considerando la tasa de crecimiento de las ventas totales de computadores del período
- Para los celulares se consideraron los valores de importación como valores de venta.
- Para las proyecciones 2009- 2014 se consideró un crecimiento promedio de todos los productos del 10% anual, valor menor al histórico (superior en promedio al 20%). En el caso de celulares se consideró una tasa de crecimiento de sólo un 5% por la potencial saturación del mercado.
- Para los monitores CRT se consideró una tasa decreciente a partir del 2009, debido a su reemplazo por LCD, Los monitores totales se proyectaron considerando una relación 1:1 con los desktop. Los monitores LCD correspondieron entonces a la diferencia entre monitores totales y CRT

³⁷ Steubing, 2007; Prince 2006.

Para la determinación de la cantidad anual de residuos generados (unidades), y de acuerdo a los datos indicados en el punto 2.2.4 se consideró un tiempo de uso de 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso) para todos los equipos computacionales, a excepción de los laptop, a los cuales se les asignaron 6 años (4 años primer uso, 2 años segundo uso). Para los celulares se consideró un tiempo de uso de 3 años (2 años primer uso, y un año de segundo uso) hasta el 2006, luego se proyectó con un promedio de 2 años de uso. Para los insumos se consideró que el residuo se genera en el mismo año.

Para estimar el tonelaje de residuos se consideraron los siguientes valores referenciales respecto a la variación del peso de los equipos y accesorios³⁸:

Tabla 2.16 Variación estimada del peso de lo equipos (promedios)

Peso de los Equipos	Peso promedio hasta año 2000 (kg) ³⁹	Peso promedio año 2001 en adelante (kg) (*)
desktop (CPU):	11,39	6
laptop	3,51	2
Impresora	5	3
monitor CRT (promedio 14 a 17")	15,87	12
monitor LCD (promedio de 15 a 22")	-	4
tarjetas	0,1	0,1
teclados	0,5	0,3
toner		0,3
celulares	0,3	0,1

(*) Fuente valores desde año 2001: información entregada por empresas del sector

Los resultados obtenidos se entregan en detalle en el anexo 4 para todos los equipos y accesorios considerados, incluyendo la cuantificación de tóner y catridges de tintas. El resumen de la cuantificación se presenta en la tabla 2.17 y en las figuras 2.8 y 2.9.

A fin de validar las proyecciones de generación se evaluó el resultado de generación de residuos calculado para el año 2008 frente a los datos de equipos en uso determinados desde la información del punto 2.2, obteniéndose los siguientes resultados:

Ventas acumuladas computadores (1983 – 2008): aprox. 7,96 MM de unidades.

Equipos en uso al 2008 aprox. 5,36 MM de unidades⁴⁰.

Diferencia (equipos fuera de uso = residuos acumulados) aprox. 2,6 MM.

Estimación de residuos acumulados al 2008 (de tabla 2.17) = aprox. 2.5 MM de unidades (variación 4%).

Ventas acumuladas celulares (1983 – 2008) aprox. 37 MM de unidades.

Equipos en uso al 2008 aproximadamente aprox. 14,7 MM de unidades⁴¹.

Diferencia (equipos fuera de uso = residuos acumulados) aprox.. 22,3 MM de unidades.

Estimación de residuos acumulados al 2008 (de tabla 2.17) = 22,2 MM Unidades (variación 4,5%).

³⁸ Es posible que en los próximos años el peso de los equipos pueda seguir disminuyendo, pero se utilizaron conservadoramente sólo dos rangos de pesos promedio

³⁹ Fuente: Steubing 2007, basados en datos de SWICO,

⁴⁰ calculado en base a Indicador ISI 4to trimestre 2008

⁴¹ SUBTEL 2008

Tabla 2.17 Estimación de la generación de residuos de equipos electrónicos (totalizados)

Año	Computadores (Ton)	Monitores (Ton)	Impresoras (Ton)	Computadores + monitores (Ton)	Total electrónicos (Ton)	Celulares (Ton)	Computadores (miles Unidades)	Monitores (miles unidades)	Impresoras (miles unidades)	Computadores + monitores (miles unidades)	Total electrónicos (miles unidades)	Celulares (miles unidades)
acum 1983-2006	20.449	25.544	7.414	45.994	54.806	3.337	1.851	1.610	1.483	3.461	10.788	11.124
2007	1.343	4.486	399	5.828	6.364	530	239	374	133	721	2.045	5.303
2008	1.775	4.514	640	6.290	7.109	565	316	386	213	718	1.878	5.648
2009	2.208	4.543	882	6.751	7.854	599	378	405	294	797	2.262	5.992
2010	2.641	4.572	1.124	7.213	8.599	634	455	442	375	889	2.649	6.337
2011	3.074	4.600	1.365	7.674	9.344	668	516	434	455	903	2.936	6.682
2012	3.507	4.629	1.607	8.136	10.089	703	573	419	536	932	3.279	7.026
2013	3.939	4.658	1.849	8.597	10.834	737	606	445	616	1.003	3.953	7.371
2014	4.372	4.686	2.090	9.059	11.579	772	738	564	697	1.301	4.631	7.716
2015	4.805	4.715	2.332	9.520	12.324	806	1.051	680	777	1.731	5.217	8.060
2016	5.238	4.744	2.574	9.982	13.069	841	1.306	712	858	2.016	6.002	8.405
2017	5.671	4.772	2.815	10.443	13.815	875	1.414	752	938	2.209	6.767	8.750
2018	6.103	4.801	3.057	10.904	14.560	909	1.522	796	1.019	2.354	7.241	9.094
2019	6.536	4.830	3.299	11.366	15.305	944	1.630	817	1.100	2.474	7.658	9.439
2020	6.969	4.858	3.540	11.827	16.050	978	1.738	840	1.180	2.597	8.081	9.784

(1) el total de residuos electrónicos de computación incluye computadores, monitores, impresoras, tarjetas y teclados

De acuerdo a las estimaciones realizadas, actualmente se estarían generando más de 700 mil unidades anuales de computadores y monitores como residuos (sobre 6.000 toneladas) y sobre 5 millones de celulares, equivalentes a un poco más de 500 toneladas. Al año 2010 se generarían cerca de 8.500 toneladas de residuos de equipos de computación y más de 600 ton de residuos de celulares, superando las 17 mil toneladas en conjunto para el año 2020. Considerando el total de tipos de residuos analizados, la generación per cápita actual sería cercana a 0,45 Kg/habitante-año y la tasa de crecimiento anual estimada es cercana al 11%.

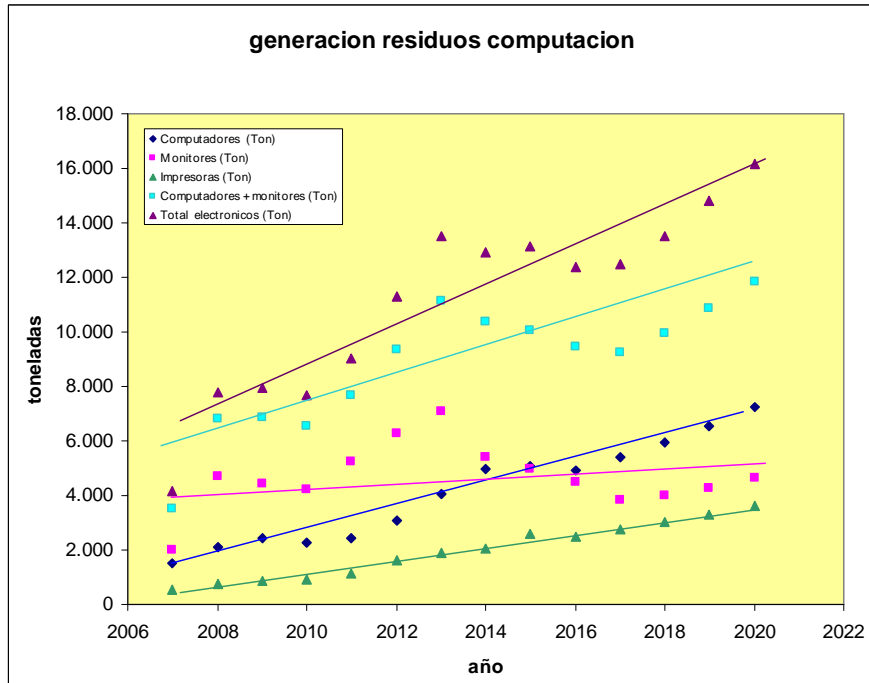


Figura 2.8 Generación de residuos de equipos de computación (toneladas)

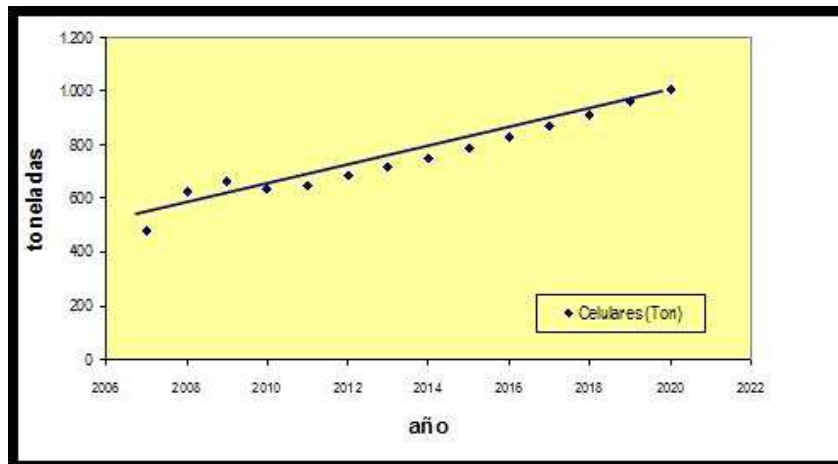


Figura 2.9 Generación de residuos de celulares (toneladas)

2.2.5 Canales De Comercialización Y De Manejo De Residuos

Productores

A nivel nacional los principales canales de comercialización de computadores nuevos y sus accesorios son empresas locales de distribución, quienes reciben el producto desde los productores (importadores de equipos de marca, completos, o ensambladores que importan partes de equipos). Las distribuidoras venden directamente a los consumidores ya sea corporativos (empresas) o particulares.

En el caso de los computadores, la principal característica del mercado chileno es la concentración de la producción, donde un pequeño grupo de productores internacionales (directamente en el país o por medio de grandes cadenas de retail) controla cerca del 80 % de las ventas, mientras una gran cantidad de pequeños ensambladores locales (formales e informales) completa el escenario con el restante 20%.

Consumidores (primer uso)

Respecto al destino de estos productos, actualmente el grupo más importante son los consumidores particulares (67%), seguidos de por empresas⁴² e Instituciones de Gobierno y escuelas (33%). Estos valores revierten la tendencia vista en el periodo 1999-2004 donde el sector predominante era la industria⁴³.

Las grandes empresas y las instituciones de gobierno compran principalmente equipos nuevos, directamente de los importadores o grandes retailers. Asimismo, las pequeñas compañías y los particulares adquieren el equipo nuevo desde retailers, vía leasing o de ensambladoras locales (de marcas o sin marca). No obstante lo anterior, la compra de equipos usados por parte de consumidores particulares sería significativa y se ha estimado del orden de un 40%²⁹.

Segundo Uso: Reacondicionadores y Servicios Técnicos

El reuso (segundo uso) a nivel nacional es importante, pues se estima que más de la mitad de los equipos reciben ese tratamiento. Por ello, el reacondicionamiento desempeña un papel primordial. El reuso de los equipos computacionales se da principalmente a nivel domiciliario y en pequeñas instituciones y empresas, los que finalmente desechan casi el 90% de todo su equipamiento. El promedio de *vida útil* de un PC, por ello, podría extenderse hasta ocho años⁴⁴.

Los Servicios Técnicos recuperan equipos, partes o componentes para extender el ciclo de vida de los Aparatos Electrónicos. Pueden ser empresas que brindan soporte técnico o remanufactura para marcas, o bien, los llamados "free-ryders" que reparan y revenden equipos por cuenta propia (ver listado de empresas en anexo 2E).

En general, se estima que el destino de los equipos generados en entidades de gobierno es fundamentalmente la donación; en cuanto a las empresas, muchas de ellas los envían a remate (sin conocer destino posterior) y algunas los donan o envían a reciclaje (ver mayores detalles en punto 2.4.4).

Además existen instituciones que reacondicionan o recuperan equipos con fines no comerciales para donaciones a distintas organizaciones o instituciones, entre los que destacan Chilenter y CDI (ver mayores detalles en punto 2.4.4.4, relacionado a Gestión actual a nivel nacional).

⁴² La tendencia de reducción del costo de un computador en los últimos años de hacer mas accesibles los mismos a hogares, con la consecuente reducción de la predominancia de las empresas en el consumo.

⁴³ Datos de Consultora IDC, Diario Estrategia 30 de Septiembre de 2008

⁴⁴ Steuberg B. 2007

Estudios a nivel regional⁴⁵ indican que este sector de Reacondicionamiento Social no tiene un impacto superior al 3 % de los residuos electrónicos generados en LAC y que el tiempo de uso de estos equipos es cerca de tres veces más corto que el de un equipo nuevo⁴⁶. Sin embargo, esta alternativa se considera relevante ya que sigue los lineamientos establecidos en la Estrategia Jerarquizada de Gestión de Residuos Sólidos, basada en la extensión de la vida útil, desde una perspectiva medioambiental, satisfaciendo la demanda de tecnología, pero evitando el extraer nuevos recursos naturales.

En Chile, el sistema de reuso y reacondicionamiento comercial y no comercial (donaciones) funciona relativamente bien debido a que existe demanda de equipos a bajo costo para personas que no tienen los recursos suficientes para comprar un equipo nuevo. Cabe destacar que la desventaja más grave del reacondicionamiento de tipo comercial es que no hay ningún control de cómo se producen esos equipos y cómo se disponen finalmente.

El precio de venta de computadores para segundo uso varía entre 30 y 240 dólares. Generalmente los equipos de menor precio son los provenientes de remates, mientras los mejores suelen ser importados (por ejemplo, de Estados Unidos). Los dos puntos más importantes de Santiago para venta de computadores reacondicionados se ubican en la calle San Diego y el mercado Persa Biobío.

San Diego es un importante centro de TIC y electrónicos, con cerca de sesenta tiendas en las que venden computadores nuevos y usados, partes de computadores, a la vez que ofrecen servicios de reparación (servicio técnico). Por lo general los precios son más bajos que en el comercio detallista, y no suelen ofrecer marcas internacionales. Entre las razones de su popularidad está el hecho de que la gente tiene la posibilidad de pedir un computador ensamblado con componentes de su elección. El área de San Diego vende equipos más modernos que BioBío.

Según el Estudio de Steubing (2007) y ratificado en visitas a algunas empresas, alrededor de 60 por ciento de los computadores vendidos son nuevos (es decir el computador ha sido ensamblado a partir de partes nuevas, el término "usados" significa que el computador ha sido armado al menos en parte con componentes que han tenido un uso previo). Un alto porcentaje de los computadores que se venden en San Diego, especialmente monitores, es equipo obsoleto importado de Estados Unidos. Adicionalmente la mayoría de los locales ofrece servicios de reparación y reacondicionamiento o actualización de equipos, extendiendo su vida útil en cerca de tres años más.

Otro punto importante de comercialización de partes, accesorios o equipos completos reacondicionados es el Persa Bio Bio, el cual funciona los fines de semana, donde coexisten pequeñas y grandes tiendas. Dado que este comercio opera sólo los fines de semana, muchos de los propietarios tienen una segunda tienda de computadores en algún otro lugar de la ciudad.

El origen de los equipos es principalmente desde empresas que venden sus equipos en remates e importación de equipos usados, pero también se compran equipos a personas naturales. Por lo general tienen entre dos y siete años de vida, con un promedio en torno a los cuatro. El reacondicionamiento incluye la selección, prueba, reparación y ensamblaje del equipo. En los computadores reacondicionados también se incorporan partes nuevas, especialmente discos duros. También se repara componentes como tarjetas madre (*motherboards*) y tarjetas de circuito impreso deterioradas.

Adicionalmente a lo anterior se han detectado ofertas de reacondicionamiento por Internet, sin indicar ubicación física donde se realizaría la misma (ver Anexos 2E y 2F)

⁴⁵ Plataforma Relac SUR

⁴⁶ Prince, 206

Almacenamiento temporal

Un elemento adicional en el ciclo de vida a nivel nacional (y otros países de Latinoamérica) es la costumbre de almacenar un equipo electrónico que ha llegado al final de su vida útil o está obsoleto, el cual parece obedecer a una práctica cultural⁴⁷, en que los usuarios no lo consideran un desecho y más bien piensan en venderlo o donarlo. Lo anterior representa una ventaja temporal para poder desarrollar una estrategia de manejo ambiental, pero cada día es más común observar desechos electrónicos abandonados en lugares no autorizados. Mientras más tiempo esté almacenado un computador, menos posible es reutilizarlo.

Recuperadores, Recicladores y empresas de disposición final

Existen actualmente varias empresas que reciben y acopian, o bien separan componentes de residuos electrónicos, ubicadas en la Región Metropolitana principalmente, así como algunos destinatarios autorizados para residuos peligrosos (en la RM y VIII región). Las empresas que acopian sólo clasifican los materiales recibidos antes de enviarlos a recuperación, en tanto que las empresas de reciclaje separan componentes previamente antes de su recuperación dentro o fuera del país (vía exportación), enviando a disposición final autorizada la fracción no reciclable.

Pero existe además un **mercado informal importante**, que usa el Residuo como una fuente de recursos y no pondera el riesgo de su gestión indebida. Este mercado es intensivo en mano de obra no calificada y tiene su mercado en el negocio de la chatarra metálica o los compradores de plásticos. En este mercado participa una diversa gama de actores individuales o cooperativizados, por ejemplo cartoneros y chatarreros, pero que tienen en común la compra/venta de rezagos como posibilidad de subsistencia⁴⁸. Algunos de ellos se publicitan a través de direcciones de Internet o números telefónicos, sin indicar dirección física y no existe control de la disposición final de los desechos que generan. Ver listado en anexo 2G.

La figura siguiente resume el sistema de comercialización que actualmente opera en el país y la situación de manejo de los residuos generados.

⁴⁷ Roa F., 2007

⁴⁸ Fernández, 2007

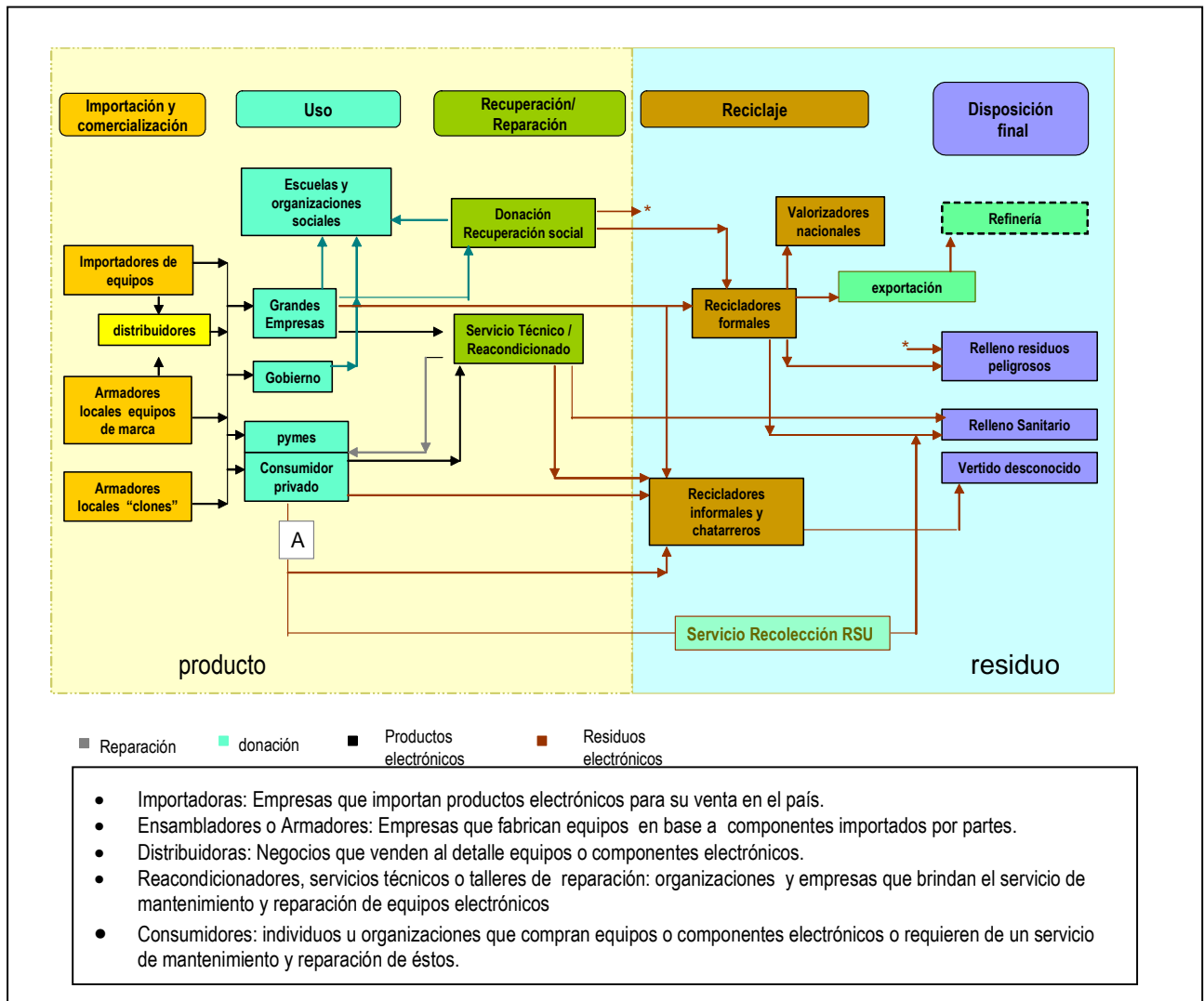


Figura 2.10: Flujo de comercialización y manejo de equipos electrónicos

2.2.6 Evolución Del Sector En Los Últimos Años Y Proyecciones Para Los Próximos 10 Años

La tasa de crecimiento del sector hasta el 2008 fue superior al 20 %. No obstante dada la condición de la economía mundial se espera que el crecimiento de los próximos años no supere el 10% en forma global para los equipos de computación y 5% para celulares. Los datos de la proyección se entregan en la tabla 2.18.

Tabla 2.18 Proyección de crecimiento venta de equipos electrónicos 2009-2019 (unidades)

Año	ventas computadores	desktop	laptop	impresoras	monitores CRT	monitores LCD	monitores totales	tarjetas	teclados	celulares
2008	1.230.000	546.080	683.920	829.810	101.490	575.140	676.630	1.885.000	926.852	6.272.000
2009	1.353.000	600.688	752.312	912.791	60.069	540.619	600.688	2.073.500	1.019.537	6.585.600
2010	1.488.300	660.757	827.543	1.004.070	33.038	627.719	660.757	2.280.850	1.121.491	6.914.880
2011	1.637.130	726.832	910.298	1.104.477	21.805	705.028	726.832	2.508.935	1.233.640	7.260.624
2012	1.800.843	799.516	1.001.327	1.214.925	7.995	791.521	799.516	2.759.829	1.357.004	7.623.655
2013	1.980.927	879.467	1.101.460	1.336.417	4.397	875.070	879.467	3.035.811	1.492.704	8.004.838
2014	2.179.020	967.414	1.211.606	1.470.059	0	967.414	967.414	3.339.392	1.641.975	8.405.080
2015	2.396.922	1.064.155	1.332.767	1.617.065	0	1.064.155	1.064.155	3.673.332	1.806.172	8.825.334
2016	2.636.614	1.170.571	1.466.043	1.778.771	0	1.170.571	1.170.571	4.040.665	1.986.790	9.266.601
2017	2.900.276	1.287.628	1.612.648	1.956.649	0	1.287.628	1.287.628	4.444.731	2.185.469	9.729.931
2018	3.190.303	1.416.391	1.773.912	2.152.313	0	1.416.391	1.416.391	4.889.205	2.404.015	10.216.427
2019	3.509.334	1.558.030	1.951.304	2.367.545	0	1.558.030	1.558.030	5.378.125	2.644.417	10.727.248
2020	3.860.267	1.713.833	2.146.434	2.604.299	0	1.713.833	1.713.833	5.915.937	2.908.859	11.263.611

Continuación tabla 2.18

Año	impresoras láser	toner impresora láser	catridges tinta kg
2.008	80.052	1.325.316	264328
2.009	88.057	1.457.848	290.761
2.010	96.863	1.603.632	319.837
2.011	106.549	1.763.996	351.821
2.012	117.204	1.940.395	387.003
2.013	128.925	2.134.435	425.703
2.014	141.817	2.347.878	468.273
2.015	155.999	2.582.666	515.100
2.016	171.599	2.840.933	566.611
2.017	188.758	3.125.026	623.272
2.018	207.634	3.437.528	685.599
2.019	228.398	3.781.281	754.159
2.020	251.237	4.159.409	829.574

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS ELECTRONICOS COMERCIALIZADOS.

Los procesos de fabricación de computadores y celulares son muy similares ya que básicamente consisten en el ensamblaje del equipo en base a partes y piezas fabricadas previamente. El proceso de producción y certificación consta de cinco etapas: preparación y aceptación de partes y piezas, el ensamblaje, prueba inicial, prueba final y embalaje.

En la primera etapa se realiza una revisión visual a todas las piezas que juntas conformarán el equipo, tales como memorias, cables, tarjetas madres y procesadores, en el caso de un computador, o circuito impreso y microteléfono, entre otros, en el caso del celular. Una vez que se aprueba la calidad de cada componente se procede a su ensamblaje. En esta etapa se asegura de que cada pieza que se instala quede fuertemente ajustada, para prevenir cualquier desajuste durante el traslado del equipo. En la prueba inicial se enciende por primera vez el equipo y se le hacen diversas pruebas durante un minuto. Se comprueba su funcionalidad y que el nivel de voltaje sea el adecuado.

Posteriormente, en el caso de los computadores, comienza la prueba más rigurosa y exigente que debe aprobar cada máquina, ya que pasa varias horas expuesta a altas temperaturas y variaciones súbitas de voltaje. Ello con la finalidad de comprobar su funcionamiento bajo condiciones extremas, y asegurarle así al usuario final que el aparato funcionará en cualquier tipo de ambiente.

Luego se llega a la etapa de embalaje. En esta fase también se aplican pruebas y se verifica que todas las piezas estén en su respectivo lugar, que las funciones visuales y de audio funcionen correctamente e incluso se verifica que no exista ningún tipo de desperfecto físico, como abolladuras o raspones. En caso de existir alguna irregularidad, la máquina es devuelta para su corrección.

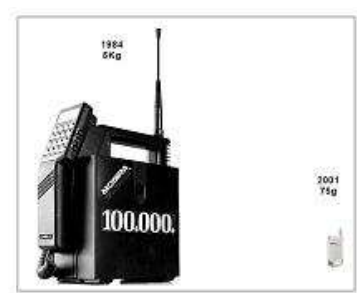
2.3.1 Características Genéricas De Los Productos

Los equipos electrónicos poseen una baja proporción de compuestos clasificados como peligrosos (menor al 3% en promedio), los cuales se encuentran en forma sólida y no dispersable, no existiendo riesgo de exposición humana o emisiones al ambiente por su uso en un contacto normal directo, incluyendo el desmontaje manual (que normalmente ocurre en operaciones de reparación). La producción y liberación de sustancias tóxicas se podría transformar en un problema para la salud y el ambiente en operaciones de reciclaje o disposición inadecuada (quema sin control para separar componentes o disposición en rellenos sanitarios junto a residuos urbanos).

Las características y composición de los equipos electrónicos bajo estudio han cambiado paulatinamente con los años. En la actualidad la mayoría de las empresas fabricantes está tendiendo a eliminar los elementos tóxicos de los equipos, y a hacerlos energéticamente más eficientes, en función de las nuevas normativas en el tema (ver punto 2.4.2). Sin embargo, el control debe focalizarse en los equipos antiguos, los que presentan una mayor proporción de componentes potencialmente peligrosos, tal como se detalla a continuación.

2.3.1.1 Celulares

Un teléfono móvil (o celular) se define como un mecanismo pequeño y avanzado de radio personal de doble dirección. Envía y recibe señales de radio, que transmiten la voz en las comunicaciones personales con otros teléfonos móviles y de línea fija. Los teléfonos móviles constituyen no sólo un complemento de los teléfonos tradicionales de línea fija sino también un medio primario de comunicación en algunas zonas del mundo donde se no se ha establecido una infraestructura de comunicaciones conectada por cable.



El diseño de estos equipos ha mostrado una espectacular evolución durante los tres últimos decenios, ya que los fabricantes han respondido a las demandas de los consumidores, normalmente por razones que no son de carácter ambiental, pero muchos de los cambios han tenido también efectos ambientales positivos.

La primera exigencia de los consumidores fue una mayor portabilidad. Los primeros teléfonos móviles eran grandes y pesados, y normalmente se instalaban sólo en los vehículos motorizados, donde se conectaban con sus sistemas eléctricos. Los teléfonos verdaderamente móviles de la primera generación contenían baterías de plomo-ácido, se vendían con bolsas para llevarlos colgados al hombro y pesaban más de 4 Kg. No obstante, a lo largo del decenio de 1980 se observó una rápida evolución hacia modelos más pequeños y más ligeros, y en la actualidad los teléfonos móviles suelen pesar cerca de 100 gramos o menos y necesitan sólo una pequeña batería⁴⁹.

Los teléfonos móviles tienen una composición semejante a las de otros dispositivos electrónicos, pues contienen plásticos, metales, cerámicas y vidrio. En términos generales, un teléfono móvil consta de los siguientes componentes básicos:

- Un microteléfono, que comprende una carcasa (normalmente de plástico); una pantalla, monocroma o de color, con una cubierta de vidrio; un teclado, y una antena.
- Una tarjeta con circuito impreso, dentro del microteléfono, con chips integrados, resistencias, capacitores y cables, que constituyen el cerebro electrónico del teléfono.
- Una batería.
- Un micrófono y un auricular.

Estos componentes no difieren mucho de los de otros aparatos electrónicos, como los de computadoras personales o dispositivos electrónicos portátiles, tanto por lo que se refiere a sus componentes como a la forma en que se producen, con la única diferencia de que son muy pequeños.

En la tabla siguiente pueden verse los componentes primarios, componentes secundarios y microcomponentes de los teléfonos móviles (no todas las sustancias se utilizan en todos los teléfonos móviles ya que, por ejemplo, la batería puede ser de hidruro de níquel y metal o de ion-litio, por lo que el total no suma el 100%).

Tabla 2.19 Sustancias contenidas en los teléfonos celulares

Nombre de la sustancia	Lugar en el teléfono móvil	Porcentaje típico de contenido de los teléfonos móviles (con inclusión de la batería y de los dispositivos periféricos)
Constituyentes primarios:		(1 por ciento o más)
Plásticos	Carcasa, tarjeta de circuitos	~40%
Vidrio, cerámica	Pantalla LCD, chips	~15%
Cobre (Cu), compuestos	Tarjeta de circuitos, cables, empalmes, incluyendo baterías	~17 %
Níquel (Ni), compuestos	Baterías NiCd o NiMH	~10% *
Hidróxido de potasio (KOH)	Electrolito Batería, NiCd, NiMH *	~5% *
Cobalto (Co)	Batería de ion-litio	~4%*
Litio (Li)	Batería de ion-litio	~4% *
Carbono (C)	Baterías	~4%*
Aluminio (Al)	Carcasa, armazón, baterías	~3% **
Acero, metal ferroso (Fe)	Carcasa, armazón, cargador, baterías	~3%
Estaño (Sn)	Tarjeta de circuitos	~1%
Constituyentes secundarios:		(Normalmente, menos del 1% pero más del 0.1%)

⁴⁹ UNEP 2006. Documento De Orientación Sobre El Manejo Ambientalmente Racional De Teléfonos Móviles Usados Y Al Final De Su Vida Útil

Bromo (Br)	Tarjeta de circuitos	
Cadmio (Cd)	Batería NiCd	
Cromo (Cr)	Carcasa, armazón	
Plomo (Pb)	Tarjeta de circuitos	
Polímero de cristal líquido	Pantalla LCD	
Manganeso (Mn)	Tarjeta de circuitos	
Plata (Ag)	Tarjeta de circuitos, teclado	
Tántalo (Ta)	Tarjeta de circuitos	
Titanio (Ti)	Carcasa, armazón	
Tungsteno (W)	Tarjeta de circuitos	
Zinc (Zn)	Tarjeta de circuitos	
Microconstituyentes o constituyentes en trazas:		(Normalmente, menos del 0,1%)
Antimonio (Sb)	Carcasa	
Arsénico (As)	LED de arseniuro de galio	
Bario (Ba)	Tarjeta de circuitos	
Berilio (Be)	Empalmes	
Bismuto (Bi)	Tarjeta de circuitos	
Calcio (Ca)	Tarjeta de circuitos	
Flúor (F)	Batería de ion-litio	
Galio (Ga)	LED de arseniuro de galio	
Oro (Au)	Empalmes, tarjeta de circuitos	
Magnesio(Mg)	Tarjeta de circuitos ***	
Paladio (Pd)	Tarjeta de circuitos	
Rutenio (Ru)	Tarjeta de circuitos	
Estroncio (Sr)	Tarjeta de circuitos	
Azufre (S)	Tarjeta de circuitos	
Itrio (Y)	Tarjeta de circuitos	
Zirconio (Zr)	Tarjeta de circuitos	

* Sólo si se usan estos tipos de batería; de lo contrario, serían constituyentes secundarios o microconstituyentes

** Si se utiliza aluminio en la carcasa, la cifra sería mucho mayor: ~20%.

***Si se utiliza Mg en la carcasa del teléfono, la cifra sería mucho mayor: ~20%

Fuente UNEP 2006

Respecto a los elementos de interés para valorización si se considera un celular de 200 grs., se indica que éste contendría⁵⁰ alrededor de 250 mg de oro, 24 mg de plata, 9 mg de paladio y más de 30 gr. de cobre.

La batería de un teléfono móvil, colocada en su propia caja de plástico sellada, puede extraerse fácilmente. Puede ser de tres tipos: de ion-litio, que utiliza un compuesto de litio-cobalto, o polímero de litio, batería de composición química semejante pero con un electrolito diferente; de hidruro de níquel-metal, que utiliza un compuesto de hidróxido de níquel; o de níquel-cadmio. Ésta última es el tipo de batería más antiguo y actualmente se está abandonando su uso, ya que se prefieren baterías con densidades de energía superiores y componentes menos tóxicos, pero puede encontrarse aún en algunos teléfonos antiguos. Los teléfonos móviles que se utilizan actualmente usan básicamente baterías de ión-litio.

Los componentes de un teléfono móvil forman un todo compacto, sin piezas mecánicas ni líquidos que pudieran desprenderse en su uso normal. No obstante, contienen pequeñas cantidades de algunas sustancias que podrían ser peligrosas y pueden liberarse en el medio ambiente si el teléfono no se maneja debidamente al final de su vida útil.

Una vez llegado al final de su vida útil un celular puede generar principalmente 3 tipos de residuos:

⁵⁰ Empa - Umicore

- Terminales: carcasas, displays, placas de circuito impresos, componentes eléctricos, conductores de cobre.
- Baterías (níquel-cadmio, níquel-metal hidruro o ión-litio). Actualmente corresponden a cerca de un tercio del peso del equipo completo⁵¹.
- Accesorios: cargador/transformador, base, teclado, antena, otros.

Los Componentes de un celular que normalmente contienen sustancias peligrosas, son:

- Baterías y acumuladores.
- Pilas en tarjetas de circuito impreso (TCI) que deben ser retiradas.
- Pequeñas pantallas LCD y LED.

Las carcasas de los celulares por lo general son de plástico (policarbonato o acrilonitrilo butadieno estireno, (PC/ABS). Las carcasas de los cargadores generalmente son de policarbonato y las tarjetas son de resina epoxi o fibra de vidrio⁵². Las carcasas muchas veces contienen retardantes de llama bromados, aunque actualmente se está tendiendo a su eliminación y varias marcas de equipos celulares ya los han eliminado.

Los displays de cristal líquido (LCD) son una forma sólida de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), ubicados entre delgadas paredes de cristal⁴³, donde las moléculas internas tienen una movilidad limitada bajo estimulación eléctrica; por ello se requiere su retiro previo, mediante un proceso manual de desmontaje, al igual que la separación y clasificación de las baterías, para su entrega a un gestor autorizado. Por otro lado, la fracción metálica y los metales preciosos pueden ser recuperados a través de un proceso físico de trituración.

Una vez separados todos estos componentes, restaría un residuo final con contenido plástico y una mezcla de polímeros. Las fracciones obtenidas en todo este proceso de reciclaje del teléfono móvil son utilizadas como materias primas para la industria eléctrica y electrónica, lo que se traduce en un ahorro de recursos naturales y fideliza el criterio de sostenibilidad del medio ambiente.

2.3.1.2 Equipos Computacionales

En el mercado de los computadores, en la actualidad, se están generando varios cambios tecnológicos importantes:

- Sustitución de monitores CRT a pantallas planas LCD y LED.
- Un fuerte aumento en la participación de los computadores portátiles (laptop) en el mercado (de todos los computadores vendidos en Chile en 2006, 35 por ciento fue de equipos portátiles).
- Sustitución de impresoras tradicionales por equipos de impresión multifuncionales.

Como consecuencia, la composición de los equipos, su peso y tamaño (y también el de sus residuos) está reduciéndose. En promedio, hace unos años un computador de escritorio (CPU más monitor CRT) pesaban en conjunto alrededor de 27 Kg, y actualmente su peso es de alrededor de 10 Kg (CPU más monitor LCD); un laptop pesa en promedio de dos a tres kilos y los nuevos equipos incluso menos (ver tabla 2.16). Adicionalmente, también se han comenzado a reducir los contenidos de elementos potencialmente peligrosos en algunos de estos equipos, como se detalla más adelante.

Un equipo computacional consiste básicamente de las siguientes unidades⁵³:

- Unidad central de procesamiento (CPU), la que incluye carcasa, circuito o tarjeta principal (tarjeta madre) y sus componentes (chips, condensadores, conectores, etc.), circuitos

⁵¹ UNEP 2006

⁵² UNEP 2006

⁵³ OECD, 2003

adicionales, una o más unidades de disco, transformador (fuente de poder), cableado interior y cable de alimentación.

- Monitor: de tubo de rayos catódicos (CRT), o monitor de pantalla plana (pantalla de cristal líquido LCD), con su carcasa, cables y circuitos interiores, cable de conexión a la CPU, y cable de alimentación.
- Impresora: con su carcasa y contenido (cartucho de tinta o tonner), cables interiores, cable de conexión a CPU y cable de alimentación.
- Dispositivos periféricos: teclado y ratón, escáner, grabadoras de CD, cámara web y parlantes, entre otros.

Los metales constituyen el núcleo principal de los residuos eléctricos y electrónicos, y su reciclaje es técnicamente factible. Para recuperarlos se necesita menos energía (10 a 15 % de la requerida en un proceso tradicional de extracción o procesamiento), y se generan menos desechos (potencialmente, un 98% menos), que para extraerlos de la naturaleza. Además de su significativo valor monetario, los metales reciclados poseen también un valor ambiental único: pueden durar para siempre, lo que los convierte en un recurso fundamental.

La siguiente tabla indica la composición típica de un desktop y un monitor de 14 pulgadas (CRT), pesando entre ambos 27 kg⁵⁴ (equipo antiguo). En la misma se indican, además, las eficiencias de recuperación de los diferentes elementos, destacando los metales por su alto potencial de recuperación en instalaciones de refinería, el cual incluso ha aumentado en los últimos años⁵⁵.

Tabla 2.20 Sustancias contenidas en un computador personal (desktop) y un monitor (CRT)⁵⁶

Nombre	Contenido porcentual (en peso)	Peso del material (Kg.)	Eficiencia del proceso de reciclaje (%)	Uso/ Localización
Plásticos	22,9907	6,4	20	Incluye compuestos orgánicos
Plomo	6,2988	1,8	5	Protector de radiación en monitor (CRT), soldadura, tarjetas (PWB)
Aluminio	14,1723	3,9	80	Estructura, conectores, CRT y PWB
Germanio	0,0016	<0,05	0	Semiconductores y PWB
Galio	0,0013	<0,05	0	Semiconductores y PWB
Hierro	20,4712	5,6	80	Estructura acero, monitor, PWB
Estaño	1,0078	0,28	70	Uniones metálicas, PWB, CRT
Cobre	6,9287	1,9	90	Conductividad, CRT, tarjetas y conectores
Bario	0,0315	<0,05	0	Tubo al vacío, CRT
Níquel	0,8503	0,23	80	Estructura acero, CRT y PWB
Zinc	2,2046	0,6	60	Batería, emisor de color/ PWB CRT
Tantalio	0,0157	<0,05	0	Condensadores/ PWB, fuente de poder
Indio	0,0016	<0,05	60	Transistores, rectificadores/ PWB
Vanadio	0,0002	<0,05	0	Emisor de rojo CRT
Berilio	0,0157	<0,05	0	Conductividad térmica/PWB conectores
Oro	0,0016	<0,05	99	Conectividad, conductividad/PWB conectores
Europio	0,0002	<0,05	0	Activador de fósforo/PWB
Titanio	0,0157	<0,05	0	Pigmento, agente de aleación/aluminio
Rutenio	0,0016	<0,05	80	Circuito resistivo/ tarjeta impresa
Cobalto	0,0157	<0,05	85	Estructura acero, CRT y PWB
Paladio	0,0003	<0,05	99	Conectividad, conductividad/PWB
Manganeso	0,0315	<0,05	0	Estructura (acero), CRT y PWB
Plata	0,0189	<0,05	98	Conductividad/PWB, conectores
Antimonio	0,0094	<0,05	0	Diodos, PWB, CRT
Bismuto	0,0063	<0,05	0	Agente humedecedor en película gruesa
Cromo	0,0063	<0,05	0	Decorativo, endurecedor de acero

⁵⁴ Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC). 1998. Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin, TX: (MCC). En Fernandez, 2007.

⁵⁵ Este tema se evaluará en detalle en el punto 2.5.

⁵⁶ ROA 2007.

Cadmio	0,0094	<0,05	0	Batería, emisor de azul-verde, PWB, CRT
Selenio	0,0016	0,00096	70	Rectificadores/ PWB
Niobio	0,0002	<0,05	0	Alteración de soldadura
Itrio	0,0002	<0,05	0	Emisor de rojo/ CRT
Rodio	-	-	50	Conductor de película gruesa/PWB
Platino	-	-	95	Conductor de película gruesa/ PWB
Mercurio	0,0022	<0,05	0	Baterías, interruptores PWB
Arsénico	0,0013	<0,05	0	Agentes en transistores/PWB
Sílice	24,8803	6,8	0	Vidrio, componentes en estado sólido, CRT, PWB

Los dispositivos portátiles (laptop) cuentan con baterías y acumuladores. Dependiendo de la edad de los equipos, estos pueden ser de níquel-hidruro metálico, de ión litio, o acumuladores de otro tipo.

Además, los portátiles contienen tarjetas de circuito impreso. Dado el tamaño pequeño de los dispositivos, estos suelen ser difíciles de desmontar; sin embargo deben serlo, ya que pueden contener pilas de compensación que es necesario retirar para poder destinar las TCI a reciclaje.

A pesar de que algunas de las sustancias presentes en un equipo electrónico pueden presentar riesgos en su reciclado o eliminación al final de su vida útil, es importante señalar que algunas de ellas se han utilizado con el fin de reducir riesgos a la salud humana durante el uso del producto. Esto incluye el uso de plomo en pantallas CRT, para proteger a los usuarios de los efectos de los rayos X y el uso de retardantes de llama en plásticos para reducir el riesgo de sobrecalentamiento y potencial fuego. Actualmente no hay sustituto técnico para el plomo en las CRT, pero este tipo de pantallas rápidamente se están sustituyendo por los sistemas LCD.

La figura 2.11 muestra comparativamente los elementos más importantes presentes en computadores y celulares.

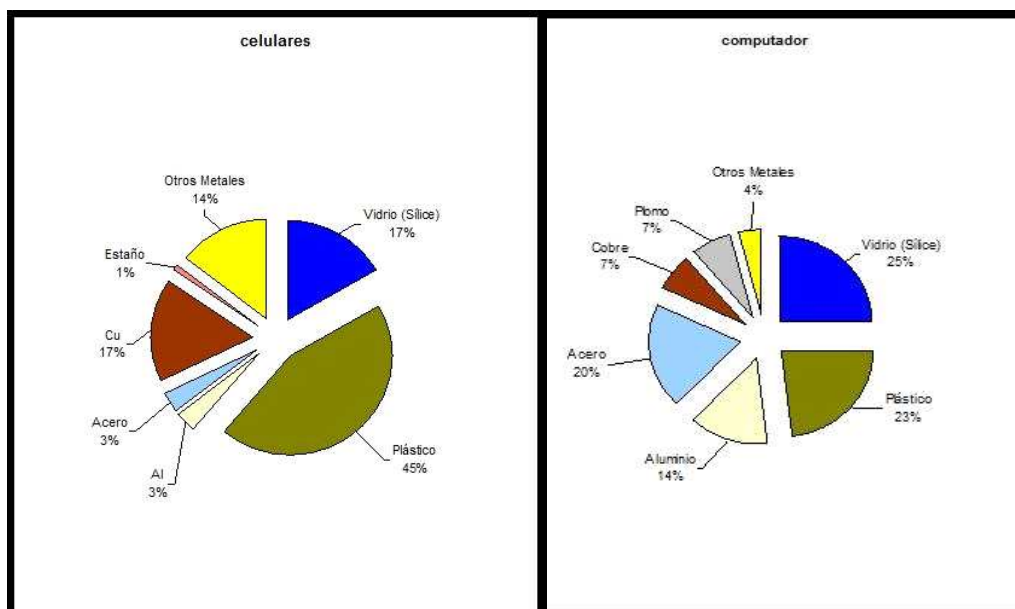


Figura 2.11: Componentes principales presentes en celulares y computadores

Estudios más recientes han permitido determinar el porcentaje promedio de algunos componentes principales para los diversos equipos analizados, según se muestra en la tabla

2.21. De acuerdo a la misma fuente, al analizar equipos de diferente origen (o marca) se determinó que las diferencias son insignificantes.

Tabla 2.21 Composición promedio (% en peso) de diversos equipos computacionales

Material	Monitor CRT	Monitor LCD	CPUs	Laptops	Impresoras
Metales	8,0	43,8	82,9	53,5	60,5
Plástico	36,4	21,3	5,7	14,4	28,9
Mezclas plástico-metal	2,2	-	0,2	9,7	5,3
Cables	0,1	-	3,0	1,1	0,7
Vidrio	53,2	28,2	-	4,1	1,2
Circuitos impresos	-	6,7	7,9	15,4	3,2
cartridges	-	-	-	-	0,1
Material peligroso	0,1	<<0,1	0,2	2,0	0,2

Fuente SWICO 2008

Monitores CRT

Actualmente, los monitores de este tipo prácticamente están desapareciendo del mercado de equipos nuevos. Sin embargo, se estima que estos equipos seguirán apareciendo como monitores en desuso por muchos años más.

Los Componentes de un monitor CRT que contienen sustancias peligrosas, en general, son:

- Tubo de rayos catódicos (TRC).
- Pilas y condensadores en tarjetas de circuito impreso TCI.
- Condensadores grandes.
- Pequeñas pantallas LCD y LED.
- Pilas y baterías.
- "Getterpills" detrás del cañón de electrones o en el cono.



En los monitores, normalmente varias TCI conjuntas están instaladas en el "chasis de las TCI", que corresponde a un bastidor de metal. Los condensadores grandes por lo general se ubican cerca de la fuente de poder o en el "chasis de TCI". Las Baterías de compensación se encuentran cerca del receptor (en caso de aparatos con control remoto) o en las TCI (por ejemplo aparatos con función "modo en espera"). En la parte delantera del aparato en ciertos casos se pueden encontrar pequeñas pantallas de LED o LCD.

Los monitores contienen plásticos, los cuales son tratados con retardantes de llama bromados y por ende necesitan un manejo posterior adecuado. También se pueden encontrar mezclas metal-plástico que no se pueden separar fácilmente.

Los getterpills son elementos constituidos por aleaciones de algunos metales (principalmente Bario) con capacidad para quimiosorber gases residuales presentes en equipos como los CRT manteniendo el vacío necesario dentro del mismo, captando y eliminando las impurezas que quedan retenidas en su superficie.

Las pantallas contienen una serie de óxidos metálicos en diferentes concentraciones dependiendo si se trata del vidrio frontal (con menor contenido de plomo), tubo o parte central, o cuello de los CRT, según se muestra en la siguiente figura.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	PbO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂		SrO	ZnO	As ₂ O ₅	Sb ₂ O ₅
PANTALLA COLOR TV	61.00	2.70	0.07	1.50	0.75	0.05	8.30	7.25	0.40		5.00	0.85	0.02	0.25
TUBO TV	55.50	3.50	0.06	2.60	1.40	18.70	6.55	8.75	0.05		0.33	0.08	0.01	0.05
PANTALLA COLOR PC	59.00	2.10	0.20	1.20	0.40	0.10	6.60	7.30	0.60		8.70	0.95	0.02	0.50
TUBO PC	53.00	3.60	-	3.50	1.50	20.25	5.45	8.05	0.07		0.50	0.10	-	-
VIDRIO PLANO	66.17	1.15	0.28	8.75	2.92	0.02	11.69	2.19	0.07		-	-	-	-

Tabla 1. Composición vidrios en peso (%)

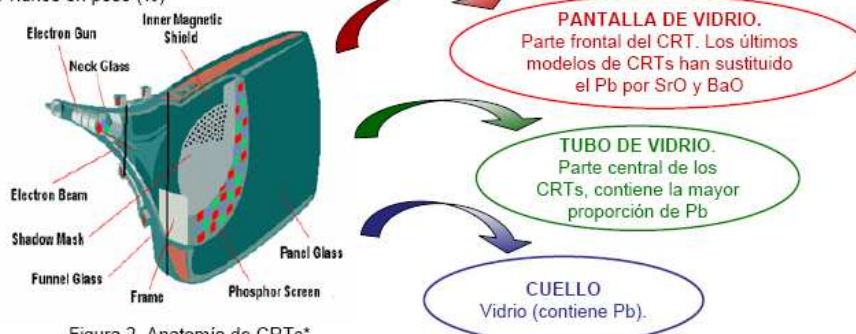


Figura 2. Anatomía de CRTs*

*Characterization of Lead Leachability from Cathode Ray Tubes Using the Toxicity Characteristic Leaching Procedure. Timothy G. Townsend. University of Florida, 1999.

Figura 2.12: Componentes metálicos de un CRT (Fuente Eco TV 2007)

C) Monitores de Pantallas planas LCD

En los últimos años, las pantallas planas se pueden encontrar en una gama creciente de aplicaciones y dispositivos. La reducción del tamaño es una ventaja clave en la aplicación de las pantallas planas como pantallas de computador (desktop o laptop) o celulares.



Comparativamente, un monitor LCD consume la mitad de la energía que utiliza un monitor CRT.

Los Componentes de un monitor LCD que contienen sustancias peligrosas, en general, son:

- Pantallas LCD de todos los tamaños.
- Pilas en tarjetas de circuito impreso TCI.
- Baterías y pilas de equipos portátiles y pequeños computadores.
- Pilas de compensación.

La parte principal de los monitores y televisores de pantallas planas es la **Pantalla LCD** como tal. En computadores portátiles la pantalla LCD también representa una alta proporción del dispositivo. Los displays de cristal líquido (LCD) pueden incluir diodos de luz que contienen mercurio.

Los principales materiales valiosos de este tipo de aparatos son los metales preciosos contenidos en las diferentes tarjetas de circuito impreso. Algunas veces también se pueden encontrar componentes con alto contenido de cobre, partes de aluminio y de metales ferrosos.

Los monitores y computadores de pantalla plana por lo general contienen alto porcentaje de plástico, el cual puede contener retardantes de llama bromados.

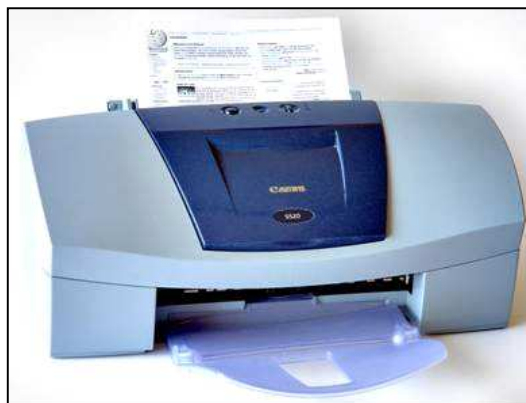
Un avance más reciente lo constituyen las pantallas LED (diodo emisor de luz). Que están comenzando a aparecer en el mercado en los monitores y equipos portátiles más recientes. Las ventajas de este tipo de pantallas radican en que su consumo de energía es aún menor que el de las pantallas LCD (30 a 40% menos) y no contienen sustancias como plomo o mercurio.

Es importante mencionar que los equipos electrónicos además contienen un mecanismo de control que indica si se encuentra encendido. Actualmente este sistema es de tipo LED. Las lámparas LED contienen arseniuro de galio o fosfuro de arseniuro de galio.

Impresoras

Las impresoras se clasifican por los métodos de impresión que emplean, existiendo numerosas tecnologías desarrolladas estos últimos años.

Una impresora monocromática solo puede producir imágenes de un color, usualmente el negro, o graduaciones de tonos de este color, tal como una escala de grises. Una impresora a color produce imágenes de múltiples colores, a partir de la combinación simultánea de al menos tres de los siguientes colores fundamentales; el magenta, el cian y el amarillo. El color negro acompaña y mejora la impresión de diversas tonalidades.



Algunos tipos de impresoras son:

Impresora láser: El dispositivo de impresión consta de un tambor fotoconductor unido a un depósito de tóner y un haz láser. Para la impresión láser monocromática se hace uso de un único tóner. Si la impresión es en color es necesario contar con cuatro (uno por cada color base).

Impresora térmica: obtiene la imagen mediante el calentamiento del papel sensible al calor. Éste es un sistema muy empleado en terminales de venta, cajeros automáticos, para imprimir tickets o recibos, o para crear etiquetas. Tienen la ventaja de no requerir más mantenimiento que la sustitución del rollo de papel.

Impresora de inyección: este tipo de impresoras es hoy muy popular por lo que se han convertido en serias competidoras de las impresoras láser, además de su impresión de calidad a bajo costo. La tinta se obtiene de unos cartuchos reemplazables. Algunas impresoras utilizan dos cartuchos, uno para la tinta negra y otro para la de color, donde suelen estar los tres colores básicos.

Los componentes de una impresora que normalmente contienen sustancias peligrosas, son:

- Pilas y condensadores en Tarjetas de circuito impreso.
- Grandes condensadores electrónicos.
- Tóner de colores.
- Cartuchos de tinta en base a solvente.
- En algunos casos, Pantallas LCD.
- En algunos casos Pilas de compensación.

En impresoras muy antiguas se pueden encontrar **condensadores con PCBs**.

Las tarjetas de circuito impreso se encuentran, dependiendo del modelo de la impresora, en diferentes posiciones como por ejemplo en las partes laterales o detrás de los elementos de mando. En particular en equipos antiguos y grandes, estas tarjetas pueden tener grandes condensadores electrónicos, mientras que las tarjetas de equipos nuevos se encuentran pilas de compensación.

Los condensadores normalmente se ubican, como en todos los equipos de voltaje bajo, cerca de la fuente de poder o en la tarjeta de circuito. En equipos más modernos estos condensadores normalmente son menores a 25mm de diámetro o largo.

En impresoras láser, los tóner y cartuchos se ubican normalmente debajo de la cubierta superior. Estos muchas veces contienen tambores fotoconductores. Sin embargo, estos tambores actualmente son de tipo OPC (Organic Photo Conductor) que no son problemáticos por su contenido y se reconocen por su superficie de colores. En las impresoras modernas de alto rendimiento se utilizan también tambores en base a silicio amorfo, reconocidos por su aspecto metálico y superficie dura. En equipos más antiguos podrían encontrarse tambores con una capa de selenio (superficie gris plateada y mayor diámetro) o sulfuro de cadmio (superficie de color amarillo), los que se corresponderían a residuos peligrosos.

Los tambores son fabricados de aluminio; en el caso de los tambores OPC se puede recuperar el cuerpo de aluminio sin problemas por medio de algún tratamiento de superficie.

Además las impresoras láser contienen pantallas LCD para el menú de control. Estos equipos contienen pilas de compensación en caso de fallo de corriente. Las impresoras portátiles contienen acumuladores como suministro de energía.

Las impresoras por lo general contienen metales ferrosos y no ferrosos en las carcasas (sobre todo los equipos antiguos y grandes) y en sus componentes. Las impresoras más modernas y pequeñas, por lo general, tienen carcasas, coberturas y tapas de plástico y pueden no contener elementos estructurales de metal. También se pueden encontrar mezclas metal-plásticas que no se pueden separar fácilmente. Para estos materiales se recomienda la trituración mecánica con separación posterior.

Cartuchos de tóner y Tintas

El toner, también denominado tinta seca, por analogía funcional con la tinta, es un polvo fino normalmente de color negro que se deposita en el papel por medio de atracción electrostática. La tinta es un líquido que contiene varios pigmentos utilizados para colorear una superficie y se usa en toda clase de impresiones.

Los toner de impresoras pueden contener tambores fotoconductores. Las tintas líquidas pueden eventualmente contener solventes aunque actualmente algunas tintas comercializadas son de tipo sólido, sin solventes; en general las empresas proveedoras de marca indican que sus tintas no contienen elementos peligrosos; el problema se presenta con los cartuchos que son rellenos, práctica muy común hoy en día, porque no se conoce la procedencia de la tinta alternativa. El toner convencional es una mezcla de resina plástica, colorante y aditivos químicos. Por lo general el toner negro se fabrica de negro de carbón, y el tóner de colores podría contener metales pesados en algunos casos.

A nivel internacional en muchos países se exige el reuso de los cartuchos por medio de su relleno. Si no se conoce el origen del producto, en el caso de tintas o tóner de color o no se está seguro de sus componentes se recomienda manejarlos como residuos peligrosos.

Componentes específicos: Baterías y pilas

Se le llama *batería eléctrica*, *acumulador eléctrico* o simplemente *acumulador*, al dispositivo que almacena energía eléctrica usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario. El término *pila*, denomina los generadores de electricidad primarios o no recargables.



Para algunos tipos de pilas/baterías el reciclaje es posible, para otros no hay otra opción que una eliminación controlada. La condición previa para el reciclaje de pilas/baterías obsoletas es la separación por tipos, es decir en función de las sustancias contenidas.

Entre los tipos de baterías utilizadas históricamente se encuentran:

Acumulador de ácido-plomo: Está constituido por dos electrodos de plomo, de manera que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo incrustado en una matriz de plomo-metálico; el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico. Es un tipo de *pila húmeda* que se utilizaba en los equipos electrónicos más antiguos.

Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH): Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de aleación de hidruro metálico. Este tipo de baterías se encuentran afectadas por el llamado efecto memoria, en el que la recarga limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada), imposibilitando el uso de toda su energía.

Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd): Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de un compuesto de cadmio. Tienen una densidad de energía relativamente baja, por lo que deben ser recargadas cada poco tiempo. También se ven afectadas por el efecto memoria, que en este caso es más grande que en las baterías Ni-MH. Su uso ha disminuido en los últimos años.

Baterías de ion litio (Li-ion): Esta tecnología se ha situado como la más interesante en su clase en usos para computadores portátiles, teléfonos móviles y otros aparatos eléctricos y electrónicos, gracias a sus varias ventajas, como por ejemplo la elevada densidad de energía, poco peso y gran capacidad de carga. Hay que tener en cuenta que existen en el mercado muchas combinaciones de Litio. Estas baterías contienen litio y manganeso, cobalto o níquel.

Baterías de polímero de litio (Li-poli): Son una variación de las baterías de ión litio. Sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Estas baterías tienen un tamaño más reducido que las hace más útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración.

Pilas de óxido de mercurio-zinc: La tecnología suministra la más alta densidad de energía y una tensión de aprox. 1,5 vatios. Estas pilas tienen una larga vida, pero son más costosas por la plata que contienen. Se utilizan sobre todo para pilas de botón. (Desde hace poco existe también una batería de óxido de plata-zinc).

Las baterías de ión litio y níquel - hidruro metálico se consideran menos peligrosas que las que contienen plomo o cadmio

Tabla 2.22 Composición distintos tipos de acumuladores (% en peso)

Tipo Acumulador	Plástico	Fe	Al	Cu	Ni	Co	C	Cd	Electrolito
Ni Cd	5-15	45	-	-	20	-	-	15	15
Ni -MH	20	18	1	-	28	3	-	-	20
Polímero Li	-	16	13	16	1	20	15	-	-
Li-ion (carcasa aluminio)	10-30	1	35	8	2	16	10	-	10-15
Li-ion (carcasa acero)	10-30	35	5	8	1	15	10	-	10-15

Fuente UNEP 2006

Las baterías y acumuladores por lo general se distinguen por su forma y sus componentes. Las formas existentes son: baterías de botón, baterías redondas y baterías prismáticas.

En el caso de las baterías pequeñas, que se aplican por ejemplo como baterías de compensación en las TCI, la identificación es más difícil. Es importante la capacitación del personal y el uso de un tablero con muestras de las diferentes baterías puede resultar muy útil para facilitar su identificación. Tanto las pilas de botón como las de compensación se encuentran en las TCI. El resto de las pilas y baterías frecuentemente se encuentran en un compartimiento de pilas/baterías por separado.

Una separación posterior de las diferentes pilas y baterías es bastante difícil ya que frecuentemente para pilas y baterías no existen marcaciones inconfundibles. En este caso la clasificación correcta solamente es posible por los códigos de número impresos y por consulta en listas de las empresas correspondientes, en la medida de lo posible.

Existe una gran variedad de pilas de botón de tipo litio⁵⁷, pilas zinc/aire, pilas de óxido de plata-zinc-zinc y pilas de óxido de mercurio-zinc. La distinción de los diferentes tipos es difícil. Las pilas de litio se aplican por ejemplo en aparatos electrónicos y aparatos de radio y muchas veces la marcación indica el contenido de litio. Otras pilas como óxido de mercurio-zinc se pueden eventualmente identificar por inscripciones presentes como "Mercury" o "HG".

Las Baterías también se pueden identificar por la tensión nominal y el valor del pH. Las baterías de níquel-cadmio se caracterizan por un electrolito alcalino mientras que los acumuladores de ácido-plomo, como ya indica el nombre, se caracterizan por un electrolito ácido.

Existen además algunos tipos de baterías de botón, entre ellos las baterías de níquel-cadmio, de níquel-hidruro metálico y de iones de litio. Se utilizan por ejemplo en teléfonos inalámbricos, o en aparatos como computadores, televisores, impresoras y fotocopiadoras.

Aparte de materiales no peligrosos como chapa de acero, papel, cartón y grafito, las pilas y baterías también pueden contener sustancias peligrosas como: Mercurio (sobretudo en pilas y baterías de botón), Cadmio, Níquel, Plomo y Litio.

Componentes específicos: Tarjetas de circuito impreso (TCI)

Las TCI se utilizan en una amplia gama de aparatos. Son un medio para conectar eléctricamente componentes eléctricos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados desde hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor.

La mayoría de los circuitos impresos están compuestos por entre una a dieciséis capas conductoras, separadas y soportadas por capas de material aislante (sustrato) y pegadas entre si. Las capas pueden conectarse a través de orificios, llamados vías. Los orificios pueden ser electrorecubiertos o se pueden utilizar pequeños remaches.

Las TCI contienen hierro y otros metales no ferrosos como aluminio y cobre. En las TCI de alta calidad se encuentran metales nobles como oro, plata, platino y paladio. Según datos referenciales una TCI up-grade puede contener cerca de 200 ppm de oro y una low-grade cerca de 50 ppm. Una tonelada de tarjetas puede contener alrededor de 200 gr de oro⁵⁸.

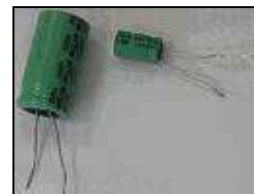
Además pueden contener elementos peligrosos en pilas, relés y condensadores, que deben ser retirados.

⁵⁷ Una pila del tipo botón contiene menos de un gramo de litio encapsulado en forma sólida.

⁵⁸ EMPA 2008

Componentes específicos: Condensadores

Son componentes que se encuentran en una gran variedad de dispositivos eléctricos y electrónicos. En electricidad, un condensador o capacitor es un dispositivo que almacena energía eléctrica y por lo tanto en un componente pasivo. Los condensadores se encuentran en los aparatos de casi todas las categorías, desde los electrodomésticos hasta las tecnologías de informática y comunicación.



Entre otros diseños, se utilizan principalmente condensadores electrolíticos y condensadores de papel con posibles contenidos de bifenilos policlorados (PCB). Por lo tanto se recomienda clasificar los condensadores como residuos peligrosos y separar todos los condensadores electrolíticos mayores a 25mm de diámetro o largo, y los que contienen PCBs.

Los condensadores electrolíticos contienen compuestos inorgánicos, ácidos orgánicos con diversos disolventes y aditivos de la corrosión (tales como lactosa y amidas) y por lo tanto sustancias de riesgo para el componente agua.

Los condensadores de papel se denominaron anteriormente como "condensadores de clophen" porque frecuentemente se utilizó PCB como electrolito. En general, el dieléctrico de condensadores de papel consiste en sulfato de celulosa de papel, entre el cual está situado una lámina de aluminio, y un impregnante. Como impregnante también se utilizan ceras con base de naftalinas clorinadas y bifenilos. En comparación con otros líquidos aislantes, los PCBs se caracterizan por su alta permitividad (o impropriamente "constante dieléctrica") su alta densidad, su alta viscosidad y su alta temperatura de autoinflamación y por lo tanto fueron utilizados con preferencia.

El potencial de peligro de los condensadores con PCBs surge de la toxicidad de los PCBs mismos, de la baja biodegradabilidad y de la alta acumulación de los PCB en el ecosistema. Adicionalmente, debido a su producción, posiblemente contienen dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorinados respectivamente y además son la causa para que se produzcan los mismos en caso de un tratamiento térmico.

Los campos de aplicación para condensadores de papel y por lo tanto para condensadores que posiblemente contienen PCBs son los siguientes:

- Condensadores de potencia para lámparas fluorescentes.
- Condensadores de filtración en dispositivos de rectificación.

En los condensadores con cerraduras de metal existe una mayor probabilidad de encontrar PCB2 que en los con cerraduras de resina plástica. Por otra parte, en los condensadores con carcasas de plástico no pueden contener PCB.

Como ya se ha mencionado los, condensadores con posibles contenidos de PCBs se encuentran por lo general en grandes y antiguos computadores y fotocopiadoras, dispositivos de teléfono e impresoras antiguas. Algunos condensadores con PCBs pueden ser identificados por su marcación (por ejemplo "clophen").

E) Componentes específicos: Plásticos (con retardantes de llama)

Los plásticos (de diversos tipos) representan un gran porcentaje de los componentes presentes en los diferentes residuos electrónicos. El punto esencial de reciclaje es la separación de los diferentes plásticos según su composición y la remoción de plásticos con sustancias peligrosas (por ejemplo plásticos que contengan retardantes de llama bromados o metales pesados).

Existe un gran número de diferentes tipos de plásticos. La Tabla 2.22 indica los plásticos más importantes utilizados en equipos electrónicos. Se les distingue entre termoplásticos y

termoestables. En general, un termoplástico funde si es calentado y endurece si se enfría. Un plástico termoestable al contrario es un polímero que no se funde fácilmente. Los termoplásticos representan un material normalmente de alta demanda si se reciclan de manera adecuada. Por el contrario, los plásticos termoestables sólo pueden ser triturados y utilizados para productos como aislantes, estibas, etc. La mayoría de los plásticos utilizados en electrónicos son termoplásticos, con excepción de las resinas epoxi.

Los plásticos como tales no representan en sí un riesgo de toxicidad. Pero algunos aditivos incorporados para cambiar sus propiedades pueden causar riesgo ambiental y/o a la salud humana. Las siguientes tablas detallan los aditivos y plásticos más usados.

Tabla 2.23 Aditivos incorporados a los plásticos

Uso	Elemento/ Sustancia	Comentario
Colorante	Cd	Pigmentos amarillos ((Cd,Zn)S) naranjas, rojos (Cd(S,Se)) y verdes
	Cr (VI)	Pigmentos naranjas, amarillos (PbCrO ₄), rojos y verdes
	Pb	Pigmentos blancos (2 PbCo ₃ - Pb(OH) ₂) amarillos (PbCrO ₄) naranjos y rojos
Retardante de llama	PBB	Retardantes de llama
	PBDE	Retardantes de llama
Estabilizadores	Cd	Carboxilato con Cd para PVC
	Pb	Carboxilato con Pb para PVC

Fuente: CNPML, 2008.

Tabla 2.24 Tipos de plásticos

Nombre	Descripción	Aplicación
ABS Acrylonitrile butadiene styrene Acrilonitrilo Butadien Estireno (TP)	Como los HIPS, el ABS también es un copolímero. Los polímeros ABS son el copolímero de acrilonitrilo y estireno endurecido por el polibutadieno. Resistente a altos impactos. Aspecto y propiedades variables según los aditivos	TCI (Carcasa y partes interiores), la mayoría de las carcasas de computadores, ratones, impresoras
PVC Polyvinylchloride Cloruro de polivinilo (TP)	En forma pura: blanco, duro y quebradizo. Buena resistencia eléctrica y a la llama. Propiedades totalmente variables según los numerosos aditivos aplicables: Si es incinerado genera dioxinas y furanos clorados de alta toxicidad	Conducto y envoltura de cables
HIPS High Impact Polystyrene Poliestireno de alto impacto (TP)	Copolímero con poliestireno y polibutadieno. Duro y rígido resistente a altos impactos. Aspecto y propiedades variables según los aditivos	Carcasas de aparatos electrónicos
PP Polypropylene Polipropileno (TP)	En forma pura blanco e incoloro, ligero, semi-rígido, buena dureza, buena resistencia al calor, buenas propiedades eléctricas superficie dura y lustrosa. Aspecto y propiedades variables según los aditivos	Línea marrón TIC
PPO Poly (p-phenylene oxide) Poli(fenileno óxido) (TP)	Quebradizo, se utiliza a menudo en mezcla con HIPS	
EP resins Epoxy Resins (Polyether) Resina Epoxi o poliepóxido (TE)	Aislados. Claro, rígido, resistente a químicos	Capas aislantes de las TCI, transistores, circuitos integrados (chip)
PC Polycarbonate Policarbonato (TP)	Transparente, resistente a altos impactos, buenas propiedades eléctricas. Aspecto y propiedades variables según aditivos	Carcasas de aparatos TCI
HDPE (PEAD) High Density Polyethylene Polietileno de Alta densidad	Duro, opaco. Más rígido que los PE de baja densidad. Muy buena resistencia a alto impacto. Aspecto y propiedades variables según los aditivos	

PC/ABS (TP)	Combina las propiedades de PC y ABS: resistente a altos impactos superficie resistente al rayado	
-------------	---	--

Fuente: CNPML, 2008.

Los retardantes de llama Bromados por lo general se encuentran en componentes de HIPS (poliestireno de alto impacto). Otros plásticos como ABS/PC o PPO/PS no contienen retardantes y en el PVC casi no se utilizan. Actualmente se han eliminado completamente en muchos nuevos equipos y también se están buscando alternativas de reemplazo.

2.3.1.3 Normativas De Calidad A Nivel Nacional E Internacional

Dentro de la normativa de calidad asociada a los productos electrónicos a nivel nacional, se encuentra la siguiente Norma Chilena:

NCh3041.Of2007 Eficiencia energética - Monitores de computador - Clasificación y etiquetado

Esta norma establece la metodología para la clasificación de los monitores de computador, de acuerdo con su máximo consumo de energía y establece las características de la etiqueta de eficiencia energética. Esta norma se aplica a monitores con las características siguientes:

- Monitores alimentados por la red eléctrica de corriente alterna, por una batería con adaptador de corriente alterna, o por algún otro medio.
- Con una pantalla cuya dimensión diagonal sea mayor que 12 pulgadas.
- Con sintonizador/receptor que se comercializan como monitores de computador o como monitores de computadores y televisores, es decir, con doble función.
- Esta norma no se aplica a televisores que pueden ser utilizados como monitores de computador.

No existen otras normativas INN relacionadas a los equipos bajo estudio.

En relación con requisitos de ingreso de equipos electrónicos al país, no existe prohibición de ingreso de equipos usados de cualquier tipo. Adicionalmente para los equipos computacionales existe una liberación de derechos de internación, ya que el Anexo C-07 del TLC Chile Canadá (1997) ATI (Acuerdo sobre la tecnología de la Información) libera de Derechos de Aduana a las importaciones de Computadores y sus unidades, los cuales sólo pagan el IVA. Si son usados (procedentes de USA o Corea) no pagan recargo por uso. Por otra parte, los usuarios particulares pueden ingresar equipos computacionales o celulares para uso particular.

Lo anterior permite pensar que actualmente pueden ingresar al país productos que eventualmente no cumplirían estándares de calidad mínimos, ya que no existen en el país mecanismos de homologación.

Normativa internacional

ISO 9001 e ISO 14001

La mayoría de las grandes empresas fabricantes de equipos electrónicos a nivel internacional poseen certificación del tipo ISO 9001 para sus procesos, lo cual es un indicador de la calidad de los procesos para productos puestos en el mercado. Asimismo, dichas empresas cuentan con certificación ISO 14001 (u otras similares, como EMAS) relacionadas a la implementación de sistemas de gestión ambiental.

Normativas IEEE: (*Institute of Electric and Electronics Engineers, Inc*).

El IEEE es una asociación sin fines de lucro radicada en Estados Unidos, aunque de ámbito internacional. Como una entidad separada, dentro del propio IEEE, se encuentra la *Computer Society*, dedicada específicamente a todo lo relativo al desarrollo de los ordenadores o computadores, encargándose de definir estándares para las comunicaciones, la industria eléctrica, las aplicaciones biomédicas o la electrónica profesional y de consumo. Creado en 1963, en la actualidad tiene alrededor de 380.000 asociados, de diversa índole, pertenecientes a más de 150 países. El Instituto se organiza en 10 regiones (seis en Estados Unidos, Canadá, Asia, América latina y Europa, África y Oriente Próximo), 37 sociedades, que abarcan todas sus actividades por temas específicos, y más de 300 secciones profesionales. Dentro de las Normas relevantes al tema de los equipos electrónicos se encuentra el **estándar IEEE 1680, Environmental Performance Criteria**, (ver punto 2.4.3.6).

Los criterios definidos por este estándar abarcan aspectos de todo el ciclo de vida de un equipo electrónico, considerando desde mejoras en el diseño para reducir los elementos contaminantes (en el producto y sus embalajes) y extensión del ciclo de vida, hasta condiciones de fabricación que faciliten el reciclaje al término de la vida útil de un equipo, considerando también la inclusión de estándares de gestión corporativa. Es importante recalcar que las condiciones de reducción de elementos contaminantes se basan en las directivas de la Unión Europea.

2.4 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL SECTOR A NIVEL INTERNACIONAL

Los residuos informáticos son sólo una pequeña parte del volumen de los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos. Gran parte de la basura corresponde a la microinformática (PC's, impresoras, CRT's, y sus periféricos y accesorios). Los desechos informáticos tienen bajas pero crecientes penetraciones en el mundo, y ciclos de vida y renovación más cortos. De allí que la gestión destinada a su reducción o bien la recuperación de materiales valiosos afectará positivamente el balance de los recursos a nivel mundial.

La presencia paralela de materiales valiosos y de materiales peligrosos en los residuos electrónicos ha generado tanto una oportunidad de negocios como un nuevo problema ambiental. Si bien las sustancias tóxicas son de bajo riesgo durante la fase de utilización de un equipo, pueden ser sumamente perjudiciales al final de la vida útil del producto si éste no es manejado de forma apropiada

Situación General⁵⁹

El año 2004 La organización de Naciones Unidas (ONU) financió y publicó el estudio titulado "Ordenadores y medio ambiente", realizado por Kuehr y Williams⁶⁰, en el cual se daba a conocer que la fabricación de un computador personal y su pantalla necesitaba de al menos 240 kilos de combustible (más de 10 veces su peso), 22 kilos de productos químicos y 1,5 toneladas de agua, lo que equivale al peso de un vehículo, además de 1,5 a 4 kilos de plomo por CRT y Metales pesados (mercurio, berilio, cadmio, y otros), lo cual da una idea clara del impacto que tienen estos productos tan sólo en su etapa de fabricación.

La Comisión Europea ha estimado que la generación per cápita de desechos eléctricos y electrónicos representa aproximadamente 14 kg. /persona-año en la Unión Europea. Para el 2007 se habrían producido en Europa cerca de nueve millones de toneladas al año de estos residuos y se prevé que sigan creciendo a un ritmo entre el 3 y el 5%

⁵⁹ Fuente: www.abc.net.au/science/features/ewaste/default.htm; www.consumersinternational.org.actualidad.terra.es/ciencia/articulo/europa_nairobi_genera_basura_electronica_124579.htm; RIESGOS DE LA BASURA ELECTRÓNICA - www.bbcmundo.com- 29 de noviembre de 2006.

⁶⁰ Kuehr Ruediger y Williams Eric; Editores; "Computers and the environment: understanding and managing their impacts" Kluwer Academic Publishers, 2003.

anual. Se estima que en el mundo se generan anualmente entre 20 y 50 millones de toneladas de residuos eléctricos y electrónicos⁶¹ debido a que la reducción en el costo de reemplazar una computadora, teléfonos móviles y otros aparatos electrónicos, y la velocidad con la cual la tecnología se vuelve obsoleta, implica que cada vez hay más desechos para eliminar. En el 2003, la Comisión Europea estimaba que más del 90 % de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos se depositaban en vertederos, se incineraban o se valorizaban sin ningún tratamiento previo.

Si se comparan los desechos electrónicos anuales per capita en diversos países, se encuentra que en Estados Unidos se producen más de 5 Kg.; esta cantidad se reduce en España 4 Kg.; mientras que los argentinos producen 1,6 Kg. per capita, de los cuales el 15% se debería a equipos de computación⁶².

Se calcula que en 2004 se compraron en el mundo 183 millones de computadoras y 674 millones de teléfonos móviles. Tan sólo en Estados Unidos, entre 14 y 20 millones de PC son desechados cada año y se espera que la basura electrónica que llega a los países en desarrollo se triplique para el año 2010. Tradicionalmente, gran parte de esta basura era llevada a países asiáticos como China e India, pero debido a regulaciones más estrictas en esas regiones cada vez más residuos terminan en África.

Se estima que al año 2010 se estarán utilizando 716 millones de nuevos computadores, Y que existirán 178 millones de nuevos usuarios de ordenadores en China y 80 millones de nuevos usuarios en India.

La expansión en los procesos de reutilización y la reparación de los materiales electrónicos, así como la falta de normas ambientales y de condiciones básicas de trabajo, han llevado a que los mercados de la electrónica se hayan expandido en China, India, Kenya, y en otros lugares. Guiyu en la región de Shantou de China, y Delhi y Bangalore en la India, son zonas donde los residuos electrónicos son procesados sin mayor control, causando problemas ambientales y de salud, debido a inadecuados métodos de procesamiento de los residuos. El reciclaje es un negocio pero todavía apenas ha despertado: sólo alcanza al 3% de la industria tecnológica.

Hace Algunos años, Basel Action Network y Silicon Valley Toxics Coalición publicaron el informe "The digital Dump, (El vertedero digital) Exporting the reuse and abuse to África"⁶³ Y *Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia*⁶⁴.

El informe encontró que entre un 50 y 80% de los desechos electrónicos recolectados para el reciclaje en los Estados Unidos se exporta a las naciones en desarrollo como China, India y Pakistán.



Por otra parte, y a pesar de las nuevas regulaciones europeas para evitar que los desechos electrónicos sean llevados a África y Asia, un gran flujo de aparatos electrónicos al final de su vida útil es enviado a África (principalmente a Ghana y Nigeria). Europa produce cerca de nueve millones de toneladas de desechos electrónicos. A pesar de la Enmienda de Prohibición en el marco del Convenio de Basilea, que prohíbe la exportación de desechos electrónicos a los países en desarrollo, sólo el 25 por ciento de estos residuos son reciclados en su país de origen. Aproximadamente unos 6,6 millones de toneladas tiene un paradero desconocido, probablemente exportados. Se indica que gran parte de estos residuos llegan a estos países con el pretexto de donar computadores usados de manera legítima, por lo que no están afectos

⁶¹ Telefonica España 2007

⁶² Prince, 2006

⁶³ disponible en <http://www.ban.org/Library/TheDigitalDump.pdf#search=%22Digital%20Dump%22>

⁶⁴ preparado por *The Basel Action Network* (Puckett, Byster, Westervelt, Gutierrez, Davis, Hussain & Dutta, 2002)

a la prohibición de Basilea. Aunque la exportación de estos aparatos usados es legal, expertos locales indican que el 75 por ciento de los computadores que llega está obsoleto y rápidamente terminan en vertederos.

En África Occidental, a menudo los aparatos rechazados son eliminados por medio del fuego. No es raro que los recolectores de residuos destruyan los tubos de rayos catódicos, y quemen los cables y placas de circuito interior, para llegar al hilo de cobre y otros metales que pueden ser revendidos.

Por otra parte, los más grandes "cementeros electrónicos", se encuentran en las costas de China e India, donde trabajadores (hombres, mujeres y niños) laboran a diario extrayendo el cobre de las bobinas de los monitores CRT, el oro de algunos contactos eléctricos y separando lo usable de lo no utilizable -sin ninguna medida de seguridad- por un sueldo de US\$ 1,50 al día.

No obstante, en China se construirán varias plantas de reciclaje para los desechos electrónicos, según un nuevo plan del Gobierno. El proyecto, obra del Ministerio de Industria de la Información, incluye varias plantas en ciudades no especificadas, en las que se podrán reciclar electrodomésticos, teléfonos móviles, computadores y pilas. El dinero para financiar el proyecto provendrá de inversores privados aunque el gobierno también dará apoyo financiero.

Según la Administración Estatal de Protección Ambiental de China, cada año se desechan unos 5 millones de computadores en el país, cuya legislación deja en manos de los productores la responsabilidad sobre la producción "verde" y prohíbe el comercio de basura tóxica electrónica.

En ciudades como Guiyu en China tampoco es raro ver a la quema a cielo abierto de plásticos y cables y fundición de las placas de circuitos para recuperar metales y el uso de baños de ácido para extraer oro. El plomo de los tubos de rayos catódicos de los monitores y los televisores tiene escaso valor comercial por lo tanto son eliminados en vertederos.

Situación de América Latina

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) la región (América Latina) no tiene un problema importante de basura electrónica proveniente de otros países, como ocurre en Asia o África. Pero ha habido un aumento "dramático" en el número de teléfonos celulares y computadoras que se desechan en varios países de la región. Según un estudio reciente, el 70% de la población latinoamericana utiliza teléfonos celulares, además existe una tendencia entre la población de desechar los aparatos aunque funcionen, motivados principalmente por los avances tecnológicos o los nuevos modelos telefónicos.

En Brasil, existen 93 millones de celulares, uno por cada dos habitantes. Está vigente una resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente (Conama) que obliga a los fabricantes a recoger y dar un destino adecuado a pilas y baterías que tengan metales tóxicos por encima de límites considerados peligrosos para la salud, como cadmio, plomo, níquel y óxido de mercurio.

Colombia, es el único país que ha avanzado en campañas masivas. A mediados del año 2006 el gobierno y las empresas del rubro firmaron un acuerdo para recoger los teléfonos en desuso y enviar aquellos que no se pueden manejar localmente a Europa, donde existe mayor tecnología para el reciclaje y manejo de residuos tóxicos. Otro caso destacable es el de México, donde 40 de cada 100 habitantes son usuarios de telefonía celular, lo que equivale a 40 millones de personas. El primer diagnóstico de los residuos electrónicos en el país estará disponible a comienzos de 2009, y es sobre esa base que se espera formular un plan de tratamiento. Por ahora sólo existe una ley general de gestión de residuos, que incluye un procedimiento especial para los desechos

tecnológicos. Pero aún no está reglamentada, por lo que los celulares llegan a los rellenos sanitarios.

A la fecha, distintos acuerdos han abordado en forma directa o indirecta la gestión de los residuos electrónicos, lo que ha permitido crear legislaciones adaptadas a cada realidad en distintos países, como se detalla en el siguiente punto. Como instrumento general se destaca el Convenio de Basilea y como legislación más específica las directivas Europeas relativas a residuos electrónicos. No obstante, en la mayor parte de los países en desarrollo no existen leyes específicas para el manejo de estos residuos.

2.4.1 Sistemas de gestión desarrollados a nivel internacional.

A nivel mundial se han desarrollado sistemas de gestión de residuos basados en los siguientes principios (UNEP, 2008).

- Sistemas basados en la responsabilidad extendida del productor.
- Sistemas basados en pago de impuestos específicos.
- Sistemas basados en la regulación libre del propio mercado.

En el sistema basado en la **responsabilidad del productor**, la ley de cada país define un marco regulatorio y asigna a los productores (fabricantes o importadores) la responsabilidad de establecer las medidas y condiciones de proceso de sus residuos. Normalmente ello lleva a la creación de una compañía o asociación donde los productores contribuyen a un fondo común que cubre los costos de recolección y disposición. Las tendencias actuales privilegian este sistema. La Directiva 75-442 de la Comunidad Económica Europea enfatiza que la implementación de este principio constituye un poderoso instrumento en la gestión de los residuos.

El concepto de la Responsabilidad Extendida del Productor, REP, es un Principio de política ambiental que promueve el mejoramiento total del ciclo de vida de los productos, por medio de la extensión de las responsabilidades del productor en varias etapas de dicho ciclo, especialmente en la devolución, recuperación y disposición del producto (Thomas Lindhqvist).

En el sistema basado en pago de **impuestos**, los productores pagan al estado el impuesto específico, siendo este último el responsable de organizar los sistemas de recolección y disposición, el cual es implementado a través de empresas específicas que realizan este servicio y que son remuneradas con los fondos recaudados desde el impuesto.

En el sistema de **libre mercado**, la legislación establece metas a alcanzar pero no especifica quien es el responsable del proceso. Por ello, todos los actores involucrados en la cadena de valor son libres de actuar de acuerdo a las condiciones del mercado mientras cumplan con la legislación.

La tabla 2.25 resume algunos ejemplos de países que aplican uno u otro sistema.

Tabla 2.25 Sistemas de gestión de residuos adoptados por diversos países

Sistema Responsabilidad del productor	Sistema basado en impuestos	Sistema de libre mercado
Europa (Bélgica, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, España, Suecia, República Checa)	Europa (Dinamarca, República Eslovaca, Latvia)	Europa (Austria, Alemania, Irlanda, Suiza, Reino Unido)
Brasil, México, Costa Rica		Estados Unidos
		Australia

Fuente: UNEP/CHW.9/18, 2008

De acuerdo a la estrategia jerarquizada de gestión de residuos, actualmente se da prioridad a las acciones orientadas a la prevención y la minimización (reducir, reutilizar, reciclar), lo que ha implicado establecer acciones para incrementar la vida útil de los productos, ante lo cual los fabricantes de equipos han comenzado a desarrollar mejoras en el diseño y guías de buenas prácticas y procedimientos de mantenimiento, así como programas de recolección y reciclaje, entre otros, abarcando el ciclo de vida completo de los productos desde la etapa de diseño, pasando por las etapas de fabricación, compra y uso, hasta los aspectos de recuperación, reciclaje y disposición final.



2.4.2 Gestión Basada En La Prevención: Mejoras En El Diseño

Se han conseguido grandes progresos en el diseño de los equipos electrónicos en los tres últimos decenios por lo que el impacto ambiental general de los equipos más recientes es mucho menor que en los primeros modelos, en lo que se refiere al uso de recursos materiales, energía y los impactos al final de la vida útil.

No obstante, las mejoras en el diseño deben también orientarse a facilitar la recogida, reutilización, reconstrucción y reciclado de equipos usados y al final de su vida útil. Por ello, entre las mejoras del diseño se ha planteado la introducción de información sobre la reutilización y reciclado en las marcas de los productos, el etiquetado de los programas internos y una mayor reducción en el uso de sustancias peligrosas, lo cual permitiría mejorar los aspectos indicados previamente.

El Convenio de Basilea obliga a las Partes a reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos (párrafo 2 del artículo 4), y el diseño de los productos puede contribuir de forma significativa a lograr ese objetivo. El mandato más directo que actualmente afecta al diseño de los equipos electrónicos es la directiva RoHS de la Unión Europea, (Directiva 2002/95/CE, ve detalles en punto 2.4.3) que prohíbe la utilización de seis sustancias (plomo, cadmio, mercurio, cromo hexavalente, polibromobifenilos y polibromodifeniléter) en los aparatos eléctricos y electrónicos, que entren al mercado europeo después de 10 de julio de 2006. De las seis sustancias prohibidas por la directiva, cuatro de ellas –cadmio, mercurio, cromo hexavalente y polibromobifenil– no desempeñan ninguna función esencial en los equipos y/o no se usan normalmente o pueden sustituirse con facilidad. En cambio, existen problemas para sustituir el plomo, que todavía se utiliza ampliamente, por ser el producto más eficaz para soldar.

Los grandes fabricantes de equipos están patrocinando desde hace un tiempo investigaciones y actividades de cooperación con sus proveedores para desarrollar alternativas sin plomo, y sin ignífugos bromados, que al mismo tiempo permitan mantener la calidad y fiabilidad necesarias en los aparatos electrónicos. Esta actividad ha permitido que algunos fabricantes produzcan equipos que no utilizan estas sustancias, existiendo ya en el mercado europeo y fuera de él equipos que cumplen los requisitos sobre sustancias de la directiva RoHS⁶⁵.

Además, algunas de estas sustancias son también motivo de preocupación en las operaciones de recuperación de materiales y reciclado ya que pueden verse en el medio ambiente durante algunos procesos de reciclado y, por lo tanto, deben manejarse en forma ambientalmente racional.

Aún se requieren nuevas mejoras en las fases de diseño y en la reducción del uso de sustancias peligrosas para el manejo ambientalmente racional de los equipos electrónicos usados y al final de su vida útil. Sobre la base de la experiencia de productos anteriores, el conocimiento de las

⁶⁵ ONU, 2003, OECD, 2003

restricciones vigentes sobre materiales, como la directiva RoHS, y las directrices generales del diseño para el medio ambiente, los diseñadores pueden fijar metas para mejorar el desempeño ambiental, evaluando la repercusión que tendrá el nuevo producto en el consumo de energía, el agotamiento de los recursos, la producción de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica, la toxicidad, etc.

Además, son recomendables los equipos con bajo consumo de energía que ya comienzan a aparecer en el mercado. Aquellos con un nivel elevado de eficiencia energética permitirán una mayor variedad de opciones tecnológicas para las baterías así como de fuentes de energía renovable para cargarlas, p.ej., las células solares y la fuerza muscular. Los cargadores de baterías son ineficientes, y la energía utilizada para cargar las baterías, aun cuando estén plenamente cargadas pero conectadas con los cargadores (modalidad de espera), es muy superior a la energía transmitida por esas baterías en su uso real. Un equipo con un consumo muy bajo de energía podría reducir también o eliminar la necesidad de piroretardantes.

Cabe señalar también que las actuales tasas de reutilización, recuperación de materiales y reciclado son todavía bajas. En tales condiciones, las mejoras de diseño como las mencionadas previamente deberían ampliar las opciones de recuperación y reciclado. Además, el reciclado de plásticos para la producción de nueva materia prima tropieza en la actualidad con varios obstáculos. Un plástico tecnológico como el acrilonitrilo butadieno estireno/polycarbonado (ABS-PC), que se utiliza en las carcasas, debería tener valor económico positivo como material reciclable. No obstante, ello sólo ocurre si se recoge en cantidades razonablemente grandes y si no contiene otras sustancias que dificulten los procesos de recuperación. La presencia de piroretardantes bromados puede reducir el mercado de reventa y el precio del ABS-PC recuperado, ya que su presencia puede disuadir a muchos compradores potenciales.

A nivel internacional productores de diversas marcas han desarrollado avances en el diseño: se han desarrollado nuevos modelos libres de algunos metales pesados, libres de PVC y de retardantes de llama con bromo o trióxido de amonio, se han incorporado sistemas de ahorro de energía y se ha limitado la cantidad de envases; además de ello, cada día los equipos son más livianos. Asimismo, y avanzando en la jerarquía de gestión de residuos, la mayoría de las empresas internacionales tienen políticas de recolección o canje de equipos usados (reconocen entre 10 y 50 US\$/equipo)⁶⁶ y en los teléfonos móviles se aplica el sistema take back.

En resumen, al momento de diseñar un nuevo producto electrónico se han establecido las siguientes recomendaciones para los fabricantes:

- Reducción del consumo de energía.
- Reducción del peso.
- Reducción en el uso de embalaje o en el impacto que este tiene.
- Etiquetado claro de los materiales, especialmente de los peligrosos. Identificación del tipo de plástico utilizado.
- Reducción en la variedad de materiales.
- Productos fáciles de dismantelar, lo que se consigue evitando piezas pequeñas o usando un solo tipo de tornillo.
- Eliminación de tratamientos que no son compatibles con el reciclaje, como pinturas y/o etiquetas.
- Aumentar el contenido de material reciclable o de piezas reusables, para que el reciclaje sea rentable.
- Aumentar la vida útil del producto, a través de diseño modular o haciendo productos más resistentes.

⁶⁶ Prince, 2006

Al aplicar el concepto de ciclo vital en el diseño de los productos, existen varias oportunidades que deberían contribuir a la reconstrucción, recuperación de materiales y reciclado al final de su vida útil⁶⁷:

- a) Diseños que faciliten el desmontaje y separación
- Reducir el número de pasos necesarios para el desmontaje.
 - Reducir el uso de soldaduras y adhesivos.
 - Reducir la variedad y número de conectores, como remaches y tornillos.
 - Reducir al mínimo el número de instrumentos necesarios para el desmontaje.
 - Sujetar las piezas de plásticos con cierres automáticos que puedan abrirse y cerrarse repetidamente.
 - Utilizar diseños que faciliten la extracción de módulos para su reutilización.
 - Utilizar materiales avanzados para el desmontaje activo.
- b) Para facilitar el reciclaje de plásticos:
- Limitar los tipos de plástico utilizados.
 - Cuando deban utilizarse plásticos diferentes, utilizar combinaciones que sean compatibles para la recuperación del material y el reciclado.
 - Marcar los plásticos con etiquetas en que se indique el tipo de plástico.
 - Evitar los compuestos y revestimientos no reciclables.
 - Evitar los revestimientos incompatibles.
 - Utilizar colores y acabados moldeados en los plásticos, en vez de pinturas.
 - Evitar exceso de etiquetas, pegatinas y espumas aplicadas .
 - Utilizar etiquetas y marcas hechas con el mismo material del resto del producto o compatible con él.
 - Evitar la inserción de metales en las piezas de plástico.
 - Eliminar el uso de piretardantes bromados.
- c) Para facilitar la recuperación de los metales:
- Eliminar o reducir el uso de sustancias peligrosas.

2.4.3 Gestión Y Legislación Relacionada A Residuos Electrónicos

Los residuos electrónicos normalmente no se recolectan junto con los residuos domésticos. Tradicionalmente, se les ha clasificado como un "Residuo Especial" a nivel internacional.

2.4.3.1 Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea es un tratado ambiental internacional vigente desde 1992, que regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente en lo referente a su disposición.

El convenio impone reglas para la importación y exportación de desechos peligrosos, lo que implica el establecimiento de protocolos para manejar su movimiento y disposición final. Además reconoce que la forma más efectiva para proteger la salud humana y el ambiente de los daños producidos por los desechos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o peligrosidad. Los principios básicos del Convenio de Basilea son:

- El tránsito transfronterizo de desechos peligrosos debe ser reducido al mínimo consistente con su manejo ambientalmente apropiado.
- Los desechos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación.
- Los desechos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente.

⁶⁷ UNEP 2003

La Unión Europea ha aprobado el Convenio de Basilea y la enmienda que lo modifica. Desde 1993, en su Reglamento 259, establece un sistema de seguimiento y control de los movimientos de residuos, dentro de sus fronteras, y a la entrada y salida de la Unión Europea.

Como consecuencia de la Conferencia de las Partes del Convenio de Basilea de 2001 surgió la iniciativa MPPI (Mobile Phone Partnership), en la que trabajan juntos organismos públicos y privados con un objetivo común: hacer que los teléfonos móviles sean más adecuados medioambientalmente y buscar que su gestión sea respetuosa con el entorno al final de su vida.

La iniciativa reúne operadores de telecomunicación, fabricantes de teléfonos móviles, centros regionales del Convenio de Basilea, compañías de reciclado y organizaciones no gubernamentales sociales o ambientales. Este proyecto facilita la transferencia de conocimiento y experiencia entre países. Como resultado del trabajo realizado, se han establecido varias directrices sobre la reparación, recuperación y reciclado de los teléfonos móviles, consideraciones de diseño, recogida y traslado transfronterizo de los equipos obsoletos.

Adicionalmente, la OECD desarrolla a partir del 2001 una iniciativa orientada a establecer aspectos de gestión de residuos de computadores personales.

2.4.3.2 Directivas de la Unión europea

El año 2003 entraron en vigencia dos directivas europeas complementarias, la 2002/95/CE y la 2002/96/CE, encaminadas respectivamente a restringir el uso de sustancias peligrosas en los equipos electrónicos y a establecer normas para la correcta gestión de sus residuos. Estas normas, que inicialmente habían surgido como una sola, ponen de manifiesto la preocupación por la creciente generación de este tipo de residuos. Varios estados miembros ya habían regulado y organizado sistemas para la gestión de los residuos electrónicos antes de publicarse las directivas de la Unión Europea, entre ellos, Bélgica, Holanda, Suecia y Dinamarca.

La Directiva 2002/96/CE sobre desechos de equipos eléctricos y electrónicos de 27 de enero de 2003 (identificada por sus sigla en inglés **WEEE**) modificada por la Directiva 2003/108/CE del 8 de diciembre de 2003 **se apoya en la responsabilidad del productor sobre los equipos que pone en el mercado, lo que incentiva la búsqueda de diseños más ecológicos**, ya que la prevención de la contaminación, en la fase de diseño, es crucial para el costo final de gestión del residuo. Estas regulaciones además establecen que los productores son los principales responsables de establecer y financiar canales de recogida y reciclado para sus productos, en los que los consumidores puedan entregar los equipos obsoletos.



La directiva WEEE establece como objetivos para el tratamiento de residuos de aparatos electrónicos un 65%: reutilización y/o reciclaje, sea químico o mecánico y un 75%: recuperación, incluyendo el reciclaje y la incineración con recuperación de energía. Además establece que las autoridades locales y regionales desempeñan un papel muy importante en la aplicación de la normativa, pues ellas son las responsables de proporcionar puntos de recolección, asegurar que la gestión sea la adecuada, fomentar la reutilización y el reciclaje y controlar el cumplimiento de las obligaciones del productor en cuanto a tratamiento.

La segunda de las directivas de la Unión Europea, es la 2002/95/CE, (identificada como **RoHS**) y sus complementos. En ella se imponen restricciones al uso de ciertas sustancias peligrosas en los nuevos equipos eléctricos y electrónicos con el fin de proteger la salud y establecer sistemas de disposición ambientalmente amigables. Aunque hay algunas excepciones para ciertos usos, desde el 1 de julio de 2006 los nuevos aparatos puestos en el mercado de la Unión Europea no pueden contener más de un 0,1 % de plomo, mercurio, cromo hexavalente, polibromobifenilos (PBB) o polibromodifeniléteres (PBDE), y un 0,01 % de cadmio. Inicialmente la directiva planteó la eliminación completa de estas sustancias, aunque posteriormente, dado que para algunas de

ellas es imposible conseguir actualmente la supresión total, se imponen reducciones drásticas que cumplan con los valores máximos de concentración permitidos.

Adicionalmente, la Regulación EC1907/2006, denominada REACH (Registro, evaluación, autorización y restricción del uso de sustancias químicas), hace responsables a los productores e importadores de sustancias químicas de obtener información sobre sus productos y registrarla en una base de datos central. Será implementada en fases durante un período de 11 años.

2.4.3.3 Gestión y Legislación en Europa

España

En España se producen anualmente unas 200.000 toneladas de residuos electrónicos y las Directivas de la UE se han incorporado al ordenamiento interno por medio del Real Decreto 208/2005, el cual establece la **obligación REP** de que todos los productores de aparatos eléctricos y electrónicos se inscriban en la Sección Especial del Registro de Establecimientos Industriales (REI). El Registro Nacional de Productores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos tiene carácter único y estatal y responde a los requerimientos de la Directiva 2003/92/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, en la que se prevé la creación de un registro estatal en cada uno de los Estados miembros. Según indica el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del Gobierno de España, deben realizarse los siguientes trámites:

- La inscripción en el Registro de Productores.
- La declaración trimestral de aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado.
- La asignación de la cuota de mercado para cada productor o Sistema Integrado de Gestión (SIG) para el establecimiento de las responsabilidades sobre los residuos históricos.
- Acceso público a información relevante.

Algunos elementos básicos del Real Decreto son los siguientes:

- El productor de los aparatos eléctricos y electrónicos, bien sea el fabricante, distribuidor o importador de los mismos, es el responsable de la gestión de los residuos a que den lugar al final de su vida útil, y debe disponer de un sistema de recogida selectiva de los residuos de los aparatos que pone en el mercado, bien sea de forma individual o acogiéndose a un sistema integrado de gestión, en colaboración con otros agentes económicos.
- El usuario doméstico puede entregar los aparatos desechados al distribuidor cuando adquiera uno nuevo equivalente, con el coste a cargo del productor.
- Antes de final de 2006 se deben recoger de media como mínimo 4 kg de residuos de aparatos eléctricos domésticos por habitante y año.
- Para los equipos informáticos y de telecomunicación se debe llegar a porcentajes de valorización de hasta un 75%.

Entre las obligaciones impuestas a los productores se cuentan:

- Diseñar los aparatos de forma que no contengan plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, polibromobifenilos, o polibromodifeniléteres, salvo excepciones del anexo I.
- Diseñar y producir los aparatos de forma que se facilite su desmontaje, reparación y su reutilización y reciclaje.
- Proporcionar información a los gestores de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, respecto al desmontaje, que permita la identificación de los componentes susceptibles de reutilización y reciclado, así como la localización de las sustancias y preparados peligrosos.

- Informar a los usuarios sobre los criterios para una correcta gestión ambiental de los Residuos procedentes de hogares particulares, los sistemas de devolución y su gratuidad y su recogida selectiva.
- Informar sobre el significado del símbolo del anexo I en las instrucciones de uso, garantía o documentación que acompañe al aparato, así como de los posibles efectos sobre el medio ambiente o la salud humana de las sustancias peligrosas que puede contener.
- Marcar los aparatos para identificar al productor y para dejar constancia de que han sido puestos en el mercado después del 13 de agosto de 2005. *Excepcionalmente si el aparato no puede etiquetarse por su dimensión o por la función que debe desarrollar, el símbolo se estampará en el envase, en las instrucciones de uso y en la garantía del aparato.*

El RD 208/2005 define al Distribuidor o vendedor como cualquier persona que suministre aparatos eléctricos y electrónicos, en condiciones comerciales, a otra persona o entidad que sea usuario final de dicho producto.

El papel principal que se les atribuye a los Usuarios es en relación a la entrega de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. En este sentido indica que: Los usuarios de aparatos eléctricos y electrónicos utilizados en sus hogares deberán entregarlos, cuando se deshagan de ellos, para que sean gestionados correctamente. La entrega será, al menos, sin costo para el último poseedor. Cuando el usuario adquiera un nuevo producto, que sea del tipo equivalente o realice las mismas funciones que el aparato que se desecha, podrá entregarlo en el acto de la compra al distribuidor, que deberá recepcionarlo temporalmente, siempre que contenga los elementos esenciales y no incluya otros residuos no pertenecientes al aparato.

Producto de lo anterior, se han desarrollado varias iniciativas para la adecuada gestión de los residuos electrónicos entre las que recuentan; TRAGAMOVIL, para residuos de telefonía celular y ECOASIMELEC, para residuos de equipos de informática y otros, las cuales agrupan a más de 500 empresas actualmente.

En la actualidad están colaborando en la Iniciativa TRAGAMOVIL cinco tipos de establecimientos: tiendas, servicios técnicos, entidades locales y municipales, puntos limpios y universidades, sumando más de 1.000 puntos de recogida, en los que los usuarios de telefonía móvil pueden entregar sus teléfonos móviles obsoletos o fuera de uso⁶⁸.

El tratamiento de estos materiales comienza con su recepción en la planta de tratamiento. La primera fase del proceso de reciclado consiste en la retirada de los potenciales elementos contaminantes y en la clasificación de las distintas fracciones a procesar:

- Terminales: carcasas, displays, tarjetas de circuitos impresos y componentes eléctricos y/o electrónicos.
- Baterías: de níquel-cadmio, de níquel metal hidruro y de ión litio.
- Accesorios: cargador/transformadores, base, teclado, antena, etc.

Junto con estas tres tipologías también se generan otros con características asimilables a residuos urbanos como por ejemplo cajas, embalajes, libros de instrucciones y manuales.

Tras la clasificación y separación las fracciones de terminales y cargadores pasan a un proceso de reciclado a través de un proceso de molienda y trituración. Una vez finalizada esta fase, y mediante distintos procesos físico-mecánicos se consigue obtener materias primas secundarias que volverán a ser introducidas en el ciclo productivo.

⁶⁸ www.tragamovil.es; <http://raee.asimelec.es>

Estas asociaciones españolas trabajan con organizaciones particulares en el ámbito del reciclaje, las cuales a la vez prestan servicios, incluso a empresas de otros países que envían sus residuos electrónicos a España.

Suiza⁶⁹.

En Suiza se producen alrededor de 5 millones de toneladas de desechos municipales anuales, gran parte de los cuales se incineran ya que no existe disposición en rellenos sanitarios. Más del 50% se recicla y de ello un 4% corresponde a desechos electrónicos (100.000 toneladas/año).

Hasta el año 1988 los desechos electrónicos fueron incinerados o triturados, lo que implicaba costos bastante altos. Entre el año 1989 y 1993, las empresas individualmente establecieron sus propios sistemas. Luego, algunas empresas consumidoras presionaron por el establecimiento de un sistema unitario, que es lo que hoy existe en Suiza. SWICO, la asociación de empresarios de tecnologías de la información con más de 500 miembros, estableció 4 ejes centrales de trabajo al iniciar el sistema:

- El productor debe ser responsable.
- Cada persona que consume un producto, tiene el derecho de llevarlo de regreso al sistema, asegurando una aceptación nacional del artefacto.
- Si hay costos hay que asumirlos.
- Debe existir un sistema de reciclaje controlado.

Existen 3 sistemas para abordar las denominadas 10 categorías de RREE: SWICO, que es responsable por los equipos médicos, equipos electrónicos y telecomunicaciones. SENCE para equipos del hogar, electrodomésticos y juguetes; y SRS, que es responsable de equipos de iluminación.

El sistema suizo no separa el sistema en empresa-empresa y empresa-consumidor, lo que difiere del mecanismo de la UE. La relación *Business to Business* ocupa el 43%, mientras la *Business to Consumer*, un 57%. El usuario particular puede llevar sus aparatos en desuso a más de 400 puntos de recolección que existen, o bien, devolverlo donde lo compró. El sistema se financia mediante el pago de una tasa anticipada de reciclaje visible (el consumidor sabe que está pagando por el sistema de reciclaje). El productor/fabricante cobra a la empresa que vende, y la empresa que vende, cobra al consumidor. Es un sistema totalmente abierto, y para el consumidor final, la tasa está incluida en el precio del artefacto. Se ideó llegar a un punto de equilibrio de financiamiento, de modo que, si hay excedente, se debe bajar la tasa, mientras por el contrario, si hay déficit, se debe subir. El 60% del valor de la tasa se destina al reciclaje, mientras que para la logística, recolección y el sistema todo en uno, se destina un 40%.⁷⁰

Del total de residuos, un 30% va a tratamiento mecánico directo, mientras un 70% se desarma por instituciones sociales que generan 1.200 empleos en Suiza. El último paso es el tratamiento mecánico de todos los productos. En teoría se puede manejar todo el equipo en forma mecánica, pero se optó por una solución intermedia, ambiental y socialmente adecuada, como es el combinar el desensamblaje manual y mecánico como técnicas complementarias. Además, esta técnica presenta beneficios económicos adicionales, ya que evitando la trituración total, se reduce la tasa de pérdida de metales preciosos a través del material particulado.

Antes de 1994 sólo existía una ley de medio ambiente general. Cuatro años después, en 1998, el gobierno estableció una base legal denominada "Ordinance on the return, the taking back and the disposal of electrical and electronic equipment", ley que en términos simples establece que el consumidor final es responsable de entregar de vuelta el producto,

⁶⁹ Bornand P, 2007

⁷⁰ Mayor información: <http://www.swico.ch/en/recycling.asp>

el vendedor está obligado a recibir el producto de vuelta sin costo (take back) y es el encargado de enviar a gestores de reciclaje autorizados, y los recicladores requieren una licencia de gobierno. Por último, señala que no se puede exportar desechos electrónicos por regla general, salvo permiso especial (ver figura 2.13). En este sistema los free riders, los ensambladores de clones y los distribuidores de piezas también pueden participar.

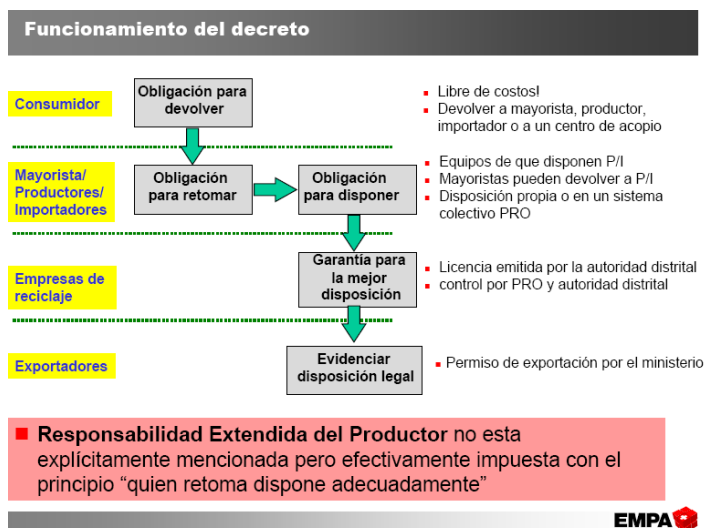


Figura 2.13 Sistema de gestión de residuos electrónicos en Suiza (fuente Boeni H. 2007b).

El sistema establece responsabilidades compartidas y se ha determinado que la modalidad take-back permite lograr el retorno del 60 al 70% de los productos. Opera desde el consumidor hacia el productor, a diferencia del sistema general establecido en Europa que opera al revés, desde el productor. Dentro de la gestión el reuso se considera como un paso previo y separado del proceso de reciclaje, apareciendo éste sólo al fin de la vida del aparato. Típicamente el producto tiene 7 u 8 años de antigüedad cuando entra a la etapa de reciclaje (ver figura 2.14).

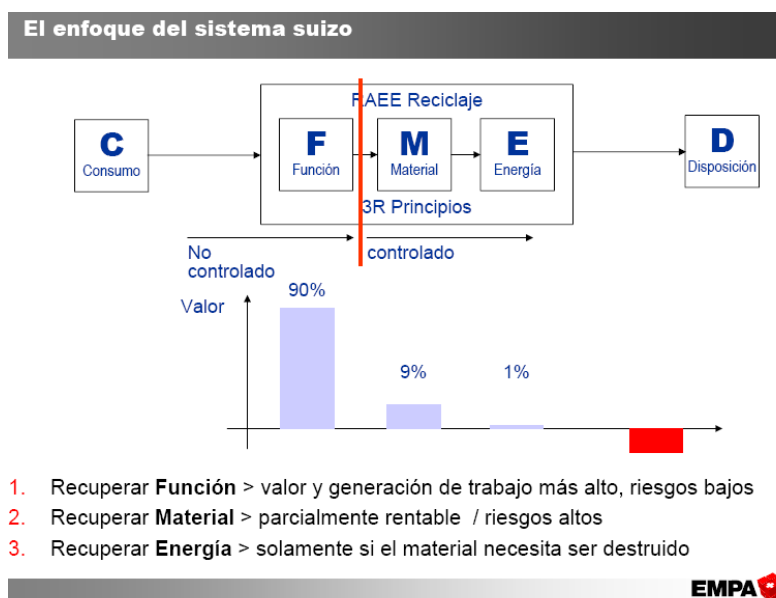


Figura 2.14 Enfoque del sistema suizo hacia el reuso y reciclaje (fuente Boeni H. 2007b).

Dentro de la ley de Suiza, los equipos fuera de uso (enteros, sin desmontaje) no se consideran como residuos peligrosos, las fracciones con riesgo y su manejo si caen dentro de esta categoría (por ejemplo el manejo de 5 toneladas de baterías)⁷¹.

Holanda

En Holanda se mantiene la recolección continua de desechos especiales por separado. Los residuos electrónicos son enviados a un procesador que separa los materiales en forma bastante automatizada y luego los redirige a los diferentes empresas para la respectiva recuperación de materiales, principalmente metales tanto pesados como preciosos.

El sistema es financiado por una cuota invisible al consumidor y asume los costos del residuo electrónico histórico (equipo vendido en fecha anterior a que se estableciera el sistema y que, por lo tanto, no ha pagado ninguna cuota por costo de proceso, ya sea un equipo huérfano (equipo proveniente de un fabricante que ha desaparecido del mercado) un equipo proveniente de productores que no se han asociado al sistema (productores independientes o free riders)⁷². Sin embargo, la entidad de productores/importadores hace esfuerzos por aumentar el número de asociados o disminuir los productores/importadores independientes (ver figura 2.15).

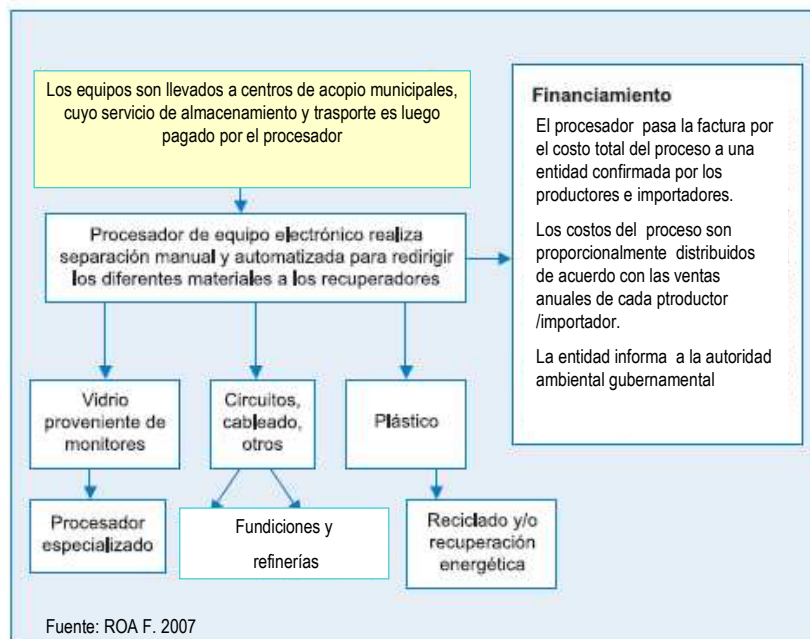


Figura 2.15 sistema de gestión de residuos electrónicos en Holanda

⁷¹ Bornard P. Presentación SWICO 17 Abril 2009. Relac SUR

⁷² Roa 2007

Alemania⁷³

En julio de 1998 entra en vigencia el Reglamento sobre Disposición de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, el cual abarca a los teléfonos celulares y demás equipo eléctrico y electrónico de hogar y oficina. Asimismo en el año 2005 se promulga una nueva Ley sobre Aparatos Eléctricos y Electrónicos, donde prevalece la responsabilidad extendida del productor. A partir de marzo 2006 los usuarios pueden entregar sin costo este tipo de desechos en puntos de recolección comunales. Los respectivos productores se encuentran obligados a recogerlos y disponer de ellos con la mejor tecnología disponible. A partir de julio 2006 se prohíbe la utilización de ciertas sustancias tóxicas en los aparatos nuevos, profundizando en la responsabilidad del fabricante.

Tanto el comercio del ramo como los puestos oficiales de recolección se encuentran obligados a recibir los aparatos sin costo alguno para su disposición segura o reciclaje por parte del fabricante. Éste debe aplicar la tecnología actual disponible y desechar en forma segura las piezas no reciclables.

En Julio del 2005 surge por acuerdo de la Agencia Federal del Ambiente la Fundación Registro para Aparatos Eléctricos⁷⁴ y se convierte en el punto de unión a nivel de la Ley de Aparatos Eléctricos y electrónicos. La Fundación lleva un registro de todos los fabricantes del sector y coordina la instalación de los contenedores de recolección y ejecuta la recolección en toda la República Federal.

Asimismo desde julio del 2006 se prohíbe a los fabricantes de equipo eléctrico y electrónico la utilización de plomo, cadmio, mercurio, algunas aleaciones de cromo y materiales que contengan bromo.

Las firmas Loewe, Philips y Sharp fundan en 2005 ProReturn, entidad conjunta que se encarga de transportar y reciclar los equipos desechados en Alemania. Tiene el objetivo de convertirse en una solución para toda la industria del ramo⁷⁵.

Portugal

En Portugal, los decretos 230/2004 y 174/2005 han implementado las Directivas 2002/95/CE y 2002/96 de la UE, estableciendo la **responsabilidad del productor** en la gestión de desechos de equipos eléctricos y electrónicos. Se creó un ente regulador ANREEE (Asociación Nacional para el Registro de Equipos Eléctricos y Electrónicos) que lleva un registro estricto de productores y monitorea activamente la venta de equipo eléctrico y electrónico. Se establece el pago de licencias para la gestión global de los desechos respectivos.

La European Recycling Plattform (ERP) fundada en 2002 cuenta con ERP Portugal como solución gremial voluntaria, fundada por Electrolux, Gillette Portugal Group, Hewlett Packard Portugal y Sony Portugal. Su misión consiste en disponer de desechos de equipo eléctrico y electrónico bajo un esquema costo efectivo.

El Ministerio del Ambiente, Ordenamiento del Territorio y Desarrollo Regional establece en el 2006 una serie de principios rectores, un marco legal de referencia y un instrumento económico de índole voluntaria que pretende facilitar y promover el comercio de residuos, potenciando su reutilización y valoración siendo reintroducidos en el ciclo económico. Asimismo busca organizar y centralizar el mercado, facilitando la localización de residuos, su negociación y la disminución de los costos de transacción.

⁷³ IFEU 2008

⁷⁴ Denominada en alemán: Stiftung Elektro-Altgeräte Register (Stiftung EAR), <http://www.stiftung-ear.de>

⁷⁵ Según Recycling Magazin 09, 2005.

El sistema desarrollado en gran parte de los países de la UE considera que el sistema más favorable y económico de recogida selectiva es el realizado en centros locales de acopio. Estos se usan como espacios de clasificación y consolidación de volúmenes para el transporte final hasta el reciclador.

Una vez realizada la agrupación de los equipos eléctricos y electrónicos obsoletos en los puntos de recogida, se procede a su traslado hasta gestores autorizados que deben realizar una **descontaminación o eliminación de componentes y/o sustancias potencialmente peligrosas**, o que la Directiva 2002/96/CE en su Anexo II obliga a su separación, tales como⁷⁶:

- Baterías y acumuladores potencialmente peligrosos: De acuerdo con la 2000/532/CE y sus modificaciones, las baterías de plomo, los acumuladores de níquel cadmio y las pilas que contienen mercurio se consideran residuos peligrosos. Este tipo de componentes pueden encontrarse en un teléfono móvil, aparatos portátiles etc. **Por otro lado, las pilas alcalinas con menos de 0,0005% de Hg, así como otros tipos de pilas y acumuladores diferentes de los Pb/ácido y Ni/Cd serían residuos no peligrosos.**
- Componentes que contengan mercurio: los interruptores (relés de mercurio) y las lámparas para iluminación trasera, estas lámparas son lámparas de descarga similares a las lámparas fluorescentes pero de tamaño más reducido. Generalmente, se encuentran asociadas a ciertas pantallas LCD y es necesario un desmontaje previo para extraerlas con garantía.
- Cartuchos de tóner y tinta: aquellos que contienen restos de tóner con disolventes. Algunos tóner de color, en polvo, pueden contener metales pesados o sustancias potencialmente peligrosas. **Los cartuchos de tóner negro en polvo no son peligrosos.**
- Condensadores con PCBs.
- Tubos de rayos catódicos (CRTs): contienen plomo en el vidrio y sustancias fluorescentes (fósforo) que deberían ser retiradas convenientemente para evitar su transmisión al medio.
- Tarjetas de circuitos impresos: solamente aquéllas que contienen componentes y sustancias peligrosas (relés de Hg o baterías peligrosas).
- Pantallas de cristal líquido (LCD) mayores de 100 cm²: parece demostrado que la composición del cristal líquido no presenta problemas ni para la salud, ni para el medio ambiente de forma destacable. Sin embargo, el problema puede estar en las lámparas fluorescentes que suelen acompañar a los LCD para lograr la iluminación necesaria.
- Cables eléctricos exteriores.
- Condensadores electrolíticos que contengan sustancias peligrosas.
- Componentes de óxido de berilio: aunque no se encuentra en la lista del Anexo II de la Directiva RAEE, deben ser retirados antes de cualquier proceso de molienda para evitar riesgos para la salud del personal que trabaja en la instalación de reciclado.

Las operaciones de descontaminación deben ser realizadas antes o durante los procesos de separación y concentración, de forma que cada sustancia o componente tenga un tratamiento selectivo específico posterior, y así, evitar que se produzca una dilución de la sustancia problemática en cuestión y/o eventual contaminación en el resto de materiales que la acompañan.

⁷⁶ Biskaia 2007

En líneas generales, el tratamiento de los residuos electrónicos puede realizarse según el siguiente criterio:

En el caso de los equipos eléctricos y electrónicos medianos y grandes, el desmantelado selectivo, seguido de una molienda para reducir tamaño y liberar materiales, es la opción mas indicada desde el punto de vista medioambiental y económico.

En el caso de los equipos pequeños, si no contienen componentes peligrosos o una vez retirados, la molienda directa es la alternativa más adecuada.

El desensamblado y el triturado de los residuos electrónicos genera nuevas fracciones que deben ser sometidas posteriormente a diversas operaciones de separación y concentración para lograr concentrados de materiales (plásticos, metales, vidrio) con una calidad apta para su comercialización (ver figura 2.16)

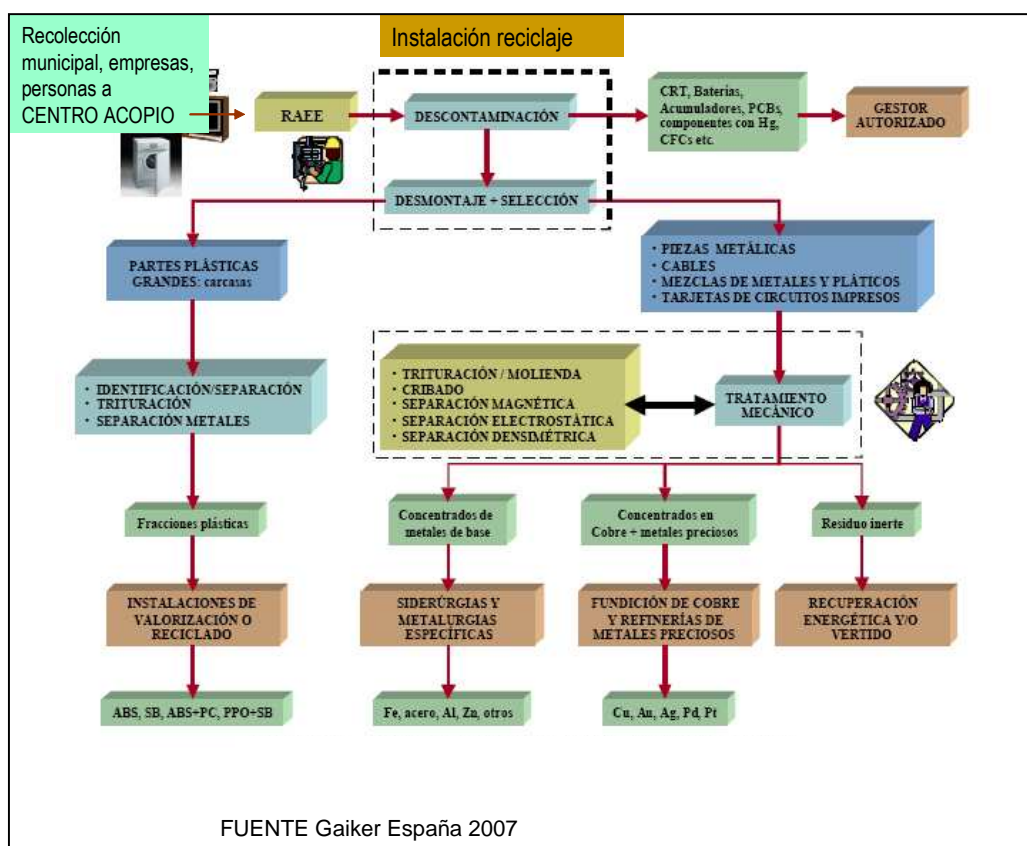


Figura 2.16 Esquema de gestión de residuos electrónicos en España

2.4.3.4 Gestión en Estados Unidos

En Estados Unidos no hay normativas federales para la gestión de residuos electrónicos, aunque sí se promueven programas voluntarios y se incentiva a la industria a tomar sus propias iniciativas para reducir los impactos de sus productos y mejorar la gestión de los residuos que éstos producen. Tampoco existe actualmente infraestructura a nivel nacional para la recogida y el reciclado de equipos electrónicos.

La campaña "Plug-In a eCycling", que comenzó en 2003, liderada por la Environmental Protection Agency, EPA, está encaminada a aumentar el número de dispositivos electrónicos reciclados adecuadamente en EEUU. Se centra en proveer información pública sobre las oportunidades de reciclaje, facilitar las iniciativas conjuntas entre fabricantes, minoristas y comunidades para promover la responsabilidad compartida, y establecer proyectos pilotos. Además, en EEUU se han puesto en marcha o están en fase de propuesta leyes locales, provinciales y estatales encaminadas a mejorar la gestión de los residuos electrónicos.

Por ejemplo, California (Electronic Waste Recycling Act) ha establecido un sistema de recogida y reciclado de equipos electrónicos peligrosos y dispone también de normativa similar a la europea, que restringe el uso de sustancias peligrosas en los equipos electrónicos. Hay iniciativas similares en Maine (Electronic Waste Recycling Act) o Maryland (Statewide Computer Recycling Law) y recientemente en 2006 también en Washington. Las normativas de Reciclaje de Desechos Electrónicos establecen el cobro al consumidor de una tasa por desechar sus equipos. No se trata de REP, pues el consumidor financia directamente el programa de reciclaje.

Uno de los programas voluntarios en desarrollo es **EPEAT** (Electronic Product Environmental Assessment Tool). Este es un programa del Green Electronic Council de Estados Unidos, que promueve la compra de productos electrónicos "verdes", en el cual los productores de equipos electrónicos adscritos declaran la conformidad de sus equipos respecto a una serie de criterios ambientales definidos dentro de 8 categorías. La operación de EPEAT y los criterios ambientales se encuentran definidos dentro del estándar IEEE 1680. La verificación no ocurre al momento de registrarse; no obstante, y para mantener la credibilidad de las declaraciones, EPEAT selecciona periódicamente algunos productos para verificar si los mismos mantienen los criterios que han declarado.⁷⁷

Las 8 categorías y los 51 criterios ambientales definidos por EPEAT (basados en el estándar IEEE 1680) son los siguientes:

Reducción/eliminación de materiales ambientalmente sensibles

- R 4.1.1.1 Cumplimiento de Directiva Europea RoHS
- O 4.1.2.1 Eliminación de cadmio (niveles menores al 5% del valor umbral definido en RoHS)
- R 4.1.3.1 Reporte de cantidad de mercurio usado en fuentes de luz (mg)
- O 4.1.3.2 Bajos niveles de mercurio usado en Fuentes de luz
- O 4.1.3.3 Eliminación del mercurio usado en fuentes de luz
- O 4.1.4.1 Eliminación del plomo utilizado en ciertas aplicaciones (niveles menores al 5% del valor umbral definido en RoHS)
- O 4.1.5.1 eliminación del cromo hexavalente (niveles menores a la mitad del valor umbral definido en RoHS)
- R 4.1.6.1 Eliminación de retardantes de llama y plastificantes con SCCP (Short Chain Chlorinated Paraffins) en ciertas aplicaciones
- O 4.1.6.2 Piezas de plástico de más de 25 gramos libres de retardantes de llama clasificados bajo la Directiva 67/548/EEC (directiva de clasificación de sustancias peligrosas)
- O 4.1.7.1 Baterías libres de plomo, cadmio y mercurio
- O 4.1.8.1 Piezas de plástico de más de 25 gramos libres de PVC

Selección de Materiales

- R 4.2.1.1 Declaración de contenido de plástico reciclado postconsumo (% si es mayor al 5%)
- O 4.2.1.2 Contenido mínimo de plástico reciclado postconsumo (10%)
- O 4.2.1.3 Altos contenido de plástico reciclado post consumo (al menos 25%)
- R 4.2.2.1 Declaración del contenido de material bioplásticos renovables (sobre 5%)
- O 4.2.2.2 Contenido mínimo de bioplástico renovable (AL menos 10%)
- R 4.2.3.1 Declaración del peso del producto (lb)

Diseño para el término de la vida útil

- R 4.3.1.1 Identificación de materiales con necesidades especiales de manejo
- R 4.3.1.2 Eliminación de pinturas o recubrimientos que no son compatibles con reuso o reciclaje

⁷⁷ <http://www.epeat.net>

- **R** 4.3.1.3 Fácil desensamblaje de cubiertas externas
- **R** 4.3.1.4 Identificación de las resinas que componen las piezas de plástico
- **R** 4.3.1.5 Identificación clara y facilidad de remoción de componentes que contengan materiales peligrosos
- **O** 4.3.1.6 Reducir los diferentes tipos de materiales plásticos utilizados
- **O** 4.3.1.7 Eliminar los insertos de metal moldeados o pegados en piezas plásticas a menos que sean fácilmente removibles
- **R** 4.3.1.8 Contenido mínimo de materiales reusables o reciclables 65%
- **O** 4.3.1.9 Contenido mínimo de materiales reusables o reciclables 90%
- **O** 4.3.2.1 Las partes plásticas deben ser fácilmente separables en forma manual
- **O** 4.3.2.2 Todas las piezas plásticas, excepto las muy pequeñas deben tener indicada la resina plástica constituyente

Longevidad del producto / extensión del ciclo de vida

- **R** 4.4.1.1 Disponibilidad de tres años de garantía o servicio técnico
- **R** 4.4.2.1 Posibilidad de actualización (Upgrade) con herramientas comunes disponibles
- **O** 4.4.2.2 Diseño modular
- **O** 4.4.3.1 Disponibilidad de piezas de reemplazo

Eficiencia energética

- **R** 4.5.1.1 Certificación ENERGY STAR®
- **O** 4.5.1.2 Adopción temprana de especificaciones ENERGY STAR®
- **O** 4.5.2.1 Disponibilidad de accesorios de poder basados en energías renovables
- **O** 4.5.2.2 Inclusión de componentes estándar basados en energías renovables

Gestión al final del ciclo de vida

- **R** 4.6.1.1 Proporcionar servicio de retorno (take back) y reciclaje del producto de acuerdo a estándar EPA
- **O** 4.6.1.2 Auditoría anual de empresas de reciclaje y sus instalaciones
- **R** 4.6.2.1 Disponibilidad de un servicio de retorno de baterías recargables ión litio

Manejo corporativo

- **R** 4.7.1.1 Demostración de existencia de política ambiental corporativa consistente con la ISO 14.000
- **R** 4.7.2.1 Demostrar la implementación de un sistema de manejo ambiental para el diseño y la organización bajo estándares ISO 14.000, EMAS o US EPA Performance
- **O** 4.7.2.2 contar con certificación externa de un sistema de manejo ambiental para el diseño y la organización bajo estándares ISO 14.000, EMAS o US EPA Performance
- **R** 4.7.3.1 Entregar un reporte anual consistente a US EPA Performance
- **O** 4.7.3.2 Entregar un reporte anual público consistente a US EPA Performance

Embalaje

- **R** 4.8.1.1 Reducción/ eliminación de sustancias tóxicas en envases (por ejemplo, metales pesados)
- **R** 4.8.2.1 Los materiales de empaque deben ser fácilmente separables, sin uso de herramientas adicionales
- **O** 4.8.2.2 Un 90% del material de embalaje deben ser fácilmente reciclaje y estar identificado
- **R** 4.8.3.1 Se debe incluir una declaración del contenido de material reciclado en el embalaje
- **O** 4.8.3.2 Los embalajes deben poseer un mínimo de contenido de material reciclado postconsumo de acuerdo a estándar US EPA
- **O** 4.8.4.1 Proporcionar servicio de retorno (take back) para envases y embalajes
- **O** 4.8.5.1 Documentar el reuso de envases/embalajes reusables (para el mismo producto, por un mínimo de 5 veces)

(**R**: Requerido **O**: Opcional)

Si un producto cumple con el total de 23 criterios Requeridos se le asigna un sello de **bronce**, si cumple los Requeridos más la mitad de los Opcionales se le asigna un sello de **plata** y si cumple los Requeridos más un 75% de los Opcionales se le asigna un sello de **oro**, Actualmente, dentro de los productos registrados se encuentran componentes de las principales marcas de computadores a nivel mundial⁷⁸.

Otro programa voluntario es **ENERGY STAR**, el cual es un programa conjunto entre la EPA, Environmental Protection Agency y el Departamento de energía de Estados Unidos. El sello

⁷⁸ Dentro del link de EPEAT es posible revisar los listados de todos los productos registrados y el sello asignado, diferenciados por categorías (monitores, laptop, desktop, entre otros)

ENERGY STAR se encuentra actualmente en más de 50 tipos de productos, incluyendo electrodomésticos mayores, iluminación, equipos electrónicos para el hogar, y productos para la oficina. Los productos con calificación ENERGY STAR satisfacen las estrictas especificaciones de eficiencia energética establecidas por la EPA y el Departamento de Energía⁷⁹.

El consumo de energía durante su uso es un aspecto muy importante en el desempeño ambiental total de computadores y monitores. Por esta razón, el estándar IEEE 1680 también incluye como criterio que cada producto registrado en EPEAT considere la versión actualizada del estándar ENERGY STAR. Asimismo, todos los productos registrados en EPEAT deben también tener una calificación ENERGY STAR.

2.4.3.5 Otros países⁸⁰

Japón ha introducido también legislación en esta materia. La normativa japonesa incorpora el principio de responsabilidad del productor y establece su obligación de recoger sus productos al final de su vida útil. También China y Tailandia están poniendo en marcha normativas sobre residuos electrónicos, para cumplir con los requisitos de los mercados internacionales.

En marzo de 2006, Corea del Sur presentó a la Organización Mundial del Comercio su propuesta de legislación para regular los equipos electrónicos y sus partes y los automóviles. Esta norma tiene puntos en común con las directivas europeas que establecen restricciones al uso de ciertas sustancias peligrosas y las que regulan la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos. Está previsto que sea obligatoria a partir de julio de 2007.

En marzo de 2007 entró en vigor la normativa china encaminada a prevenir la contaminación de los productos de la electrónica del sector de la información. Esta normativa servirá de base para prohibir el uso de sustancias peligrosas en los equipos. Se incluyen las mismas sustancias que se regulan en la normativa europea.

En Australia el proceso del reciclaje no se fundamenta en REP, sino más bien en un problema generación de desechos sólidos excesiva. Los esfuerzos se iniciaron en base a una toma de conciencia sobre este problema y no debido a regulaciones impuestas.

Según informa el Grupo Nacional de Acción por la recolección "puerta a puerta" de Melbourne, los australianos producían en los años 80 una cantidad de desechos sólidos per cápita, que se ubicaba entre los más altos del mundo. En 1991 el Consejo para el Medio Ambiente y Conservación Australiano y Neozelandés (ANZEEC), formado por ministros del ambiente y representantes de todos los estados y las principales localidades, adopta un Plan Nacional para la Minimización y el Reciclaje de Residuos. Su objetivo principal fue reducir a la mitad el nivel de residuos per cápita depositados en vertedero al año 2000. La recolección selectiva se convierte en piedra angular del Programa.

El país no cuenta con legislación específica para residuos electrónicos, pero existen organizaciones como Product Stewardship Australia Limited (PSA), dirigida por la industria electrónica, la cual trabaja en soluciones permanentes a fin de recuperar y reciclar la electrónica de consumo en forma ambientalmente amigable. PSA se basa en membresías y se encuentra desarrollando soluciones nacionales para equipo desechado y equipo obsoleto. Inicialmente centra su atención en televisores (CRT, LCD, plasma) la recuperación y el reciclado, sin embargo los planes futuros podrían incluir otros productos electrónicos de consumo.

⁷⁹ <http://www.energystar.gov>

⁸⁰ Telefónica, 2007

2.4.3.6 América Latina: Acuerdos Regionales

En América Latina, el Acuerdo de Gestión Ambiental de Residuos Especiales y Responsabilidad Post Consumo⁸¹, firmado durante la "IV Reunión Extraordinaria de Ministros de Medio Ambiente del MERCOSUR" establece el compromiso de *"incorporar patrones de producción y consumo sustentables con el fin de minimizar la cantidad y peligrosidad de los residuos generados"*. Este Acuerdo es un avance, pero no es vinculante una directiva, siendo más bien un proyecto de decisión, aún no definitivo.

Dicho acuerdo define en el ARTICULO N 4º a los *"Residuos Especiales de Generación Universal a todo aquel que se encuentre incluido en el ANEXO I, siempre que su generación se efectuó de manera masiva o universal y que por sus consecuencias ambientales, características de peligrosidad, riesgo o potencial efecto nocivo para el ambiente, requieran de una gestión ambientalmente adecuada y diferenciada de otros residuos"*.

Así, cada país deberá:

- *Desarrollar criterios comunes respecto de la gestión ambiental de dichos residuos.*
- *Desarrollar normativas y guías técnicas sobre la constitución de determinados productos respecto a requisitos ambientales mínimos.*
- *Elaborar guías técnicas que incorporen criterios de gestión integrada que contemplen especialmente la minimización en la generación de residuos y su aprovechamiento dentro de un ciclo productivo, considerando para esto último las mejores técnicas disponibles, tecnologías limpias y las mejores prácticas ambientales.*

Entre sus objetivos se busca adoptar políticas y estrategias que garanticen la gestión adecuada de residuos a fin de proteger la salud de la población y el ambiente. Dicho Acuerdo es un paso adelante en pos de definir el problema y plantear una estrategia conjunta sudamericana para armonizar criterios y fortalecer la capacidad de gestión de los Residuos o la responsabilidad Postconsumo. El circuito se genera cuando un poseedor de un residuo tiene la intención u obligación de deshacerse de él sea por:

- a) Obsolescencia (de funciones, prestaciones, escala, moda, entorno tecnológico, etc.).
- b) Recambio tecnológico del conjunto o parte del mismo (upgrade, cambio de sistemas, requerimientos de software o actualizaciones).
- c) Rotura, daño o pérdida de funciones.

La Organización de Estados Americanos (OEA) expresó en su conferencia de Santo Domingo en 2006 su voluntad de cooperar y establecer medidas adecuadas para prevenir y mitigar el impacto ambiental negativo de los productos relacionados con las TIC durante su ciclo de vida, en particular en lo concerniente al reciclaje inadecuado.

2.4.3.7 Gestión y Legislación en América Latina⁸²

Un estudio presentado por RELAC indica que entre 1983 y 2005 se vendieron en América Latina 94.674.000 computadores; si se considera que el 27% de estos equipos quedarán fuera de uso, se estaría hablando de 25.561.900 de equipos convertidos en desechos. Siguiendo igual lógica, si para 2008 se han vendido 117.717.000 PC's (valor acumulado), habrá un total de 46.585.800 de equipos que pasarán a ser residuos.

En general la situación en América Latina se puede resumir en lo siguiente⁸³:

⁸¹ MERCOSUR IV Reunión de Ministros de Medio Ambiente del MERCOSUR ANEXO III MERCOSUR/IV CMC/ P.DEC N° 02/05.

⁸² Boeni, Silva 2007

⁸³ Uca Silva – Plataforma RELAC SUR/IDRC. Iniciativas Regionales para la gestión de Residuos Electrónicos de PC en Latinoamérica y el Caribe V Seminario de Minimización: Gestión de Residuos Electrónicos, 19 de diciembre 2008-Viña del Mar – Chile.

- ... *Actualmente no hay legislación específicamente referida a RAEE.*
- ... *El Convenio de Basilea es el marco internacional de transferencia de los residuos electrónicos que se aplica en la Región.*
- ... *Las Leyes de residuos peligrosos y de residuos sólidos son las reglamentaciones con que se están gestionando los RAEE.*
- ... *Actualmente, tanto las normativas nacionales como las internacionales en LAC se aplican a las empresas de reciclaje, y no establecen obligaciones ni para los productores ni consumidores de RAEE.*
- ... *La tendencia en LAC es la promoción de normativas RAEE, contemplando la Responsabilidad Extendida del Productor como principio rector.*
- ... *La OCDE, ha recomendado la profundización del principio del que "contamina paga" y el de "responsabilidad ampliada del Productor".*

En Costa Rica la legislación no se refiere en forma específica al manejo de los desechos de equipos electrónicos. Sin embargo, existe alguna legislación general en el tema, que puede ser aplicada a las diferentes etapas del ciclo de vida de este tipo de equipos. *Costa Rica* estipuló la REP como un principio de política en una propuesta de decreto sobre los Residuos electrónicos⁸⁴. Se hace responsable a los productores por la gestión adecuada de residuos electrónicos de TIC. Deben cumplir las metas establecidas por un comité público-privado que será conformado para la implementación del decreto. Actualmente, sólo cubre las categorías de residuos TIC y Aparatos eléctricos de consumo.

En 2005, *Argentina* inició un plan nacional de gestión integrada de residuos electrónicos, y en 2006 un proyecto de legislación específica que se supone cubrirá las diez categorías definidas por la Directiva Europea. En 2007 se propuso un tercer proyecto para establecer principios guía, destinados a las empresas que trabajan en el manejo de residuos electrónicos. A la fecha esta iniciativa está en discusión en el Congreso.

En *Brasil*, existe una situación algo contradictoria entre los niveles estaduais y federal. En el nivel estadual, se han establecido algunas leyes marco sobre residuos basadas en la REP. En São Paulo, al igual que en el nivel federal, parece haber una fuerte oposición de parte de los productores a incluir la REP para la gestión de RAEE como un principio guía.

En *Perú*, la gestión y el manejo de los residuos sólidos están regulados por una Ley General del Ambiente, la Ley General de Residuos Sólidos y por Ordenanzas Municipales. Los residuos electrónicos son un tipo de residuo que debe manejarse dentro de lo que recomiendan la Ley y el Reglamento de Residuos Sólidos; en el último tiempo, ha estado en discusión la inclusión explícita del principio de REP durante la revisión de la legislación nacional sobre residuos.

En *Colombia* se encuentra en la agenda política un proyecto de ley para un marco legal específico de los RAEE.

En los últimos años, en diversos países en desarrollo algunos productores de teléfonos han puesto en marcha iniciativas REP. Estos planes voluntarios de recolección de productos se concentran ya sea en las baterías de teléfonos móviles o en teléfonos móviles completos. Iniciativas similares en el campo de la computación cubren impresoras, computadores y cartuchos de tintas para impresoras. Existen actualmente algunos programas de recolección de teléfonos móviles que no consideran marca o tipo de equipo.

El reciclaje formal de residuos electrónicos en América latina, está en su mayor parte limitado a un desensamblaje profesional, siendo una actividad emergente. En algunos países, como Chile, Argentina, Perú, Colombia y Brasil, las empresas tradicionales de reciclaje de metales han descubierto el mercado de reciclaje de estos residuos. Las cantidades procesadas todavía son a un bajo nivel, dado que ni el marco político ni la infraestructura logística permiten volúmenes mayores.

⁸⁴ ACEPESA 2004, ACEPESA 2007

Modelo de Gestión de Costa Rica⁸⁵

En Costa Rica se ha propuesto un modelo de gestión que establece cuotas de recuperación para el tratamiento de desechos de equipo electrónico que deberán cumplir las personas involucradas con la producción, la importación y la distribución. Para ello tendrán que organizarse y definir los mecanismos de recuperación y pago del sistema. Será responsabilidad del Ministerio del Ambiente, supervisar el cumplimiento de la cuota establecida.

El Decreto crea una figura privada, la Unidad Ejecutora, que articula a quienes importan, distribuyen y producen artefactos y componentes eléctricos y electrónicos. Su función principal es coordinar y monitorear el funcionamiento del sistema, fijar los montos a pagar por el costo del tratamiento de los equipos, administrar los fondos, acreditar los puntos de acopio y transporte, controlar el proceso de desensamblaje, asegurar el cumplimiento de las metas establecidas por el gobierno central y reportar a las partes interesadas. Las empresas no asociadas a la Unidad Ejecutora, tendrán la responsabilidad directa por el cumplimiento de las metas ambientales y la legislación vigente en materia de sus desechos electrónicos.

Para la sostenibilidad del sistema, se ha identificado tres alternativas de pago:

- Opción 1: La persona usuaria paga al momento de entregar el equipo desechado para su tratamiento.
- Opción 2: La persona usuaria paga al momento de comprar un nuevo equipo.
- Opción 3: Una combinación de ambas. Así por ejemplo, los desechos de equipos históricos se pagan al entregarse y los que se adquieran cuando el sistema esté funcionando, pagan el costo de tratamiento del desecho al adquirirse.

Una característica del proceso actual de manejo de los equipos electrónicos es la tendencia a la reparación y actualización del equipo para alargar su vida útil. De igual manera, existe una infraestructura básica para el reciclaje de algunos materiales presentes en los desechos. Con el fin de fortalecer estas tendencias se planteó la creación de un **centro de pre-proceso o desensamblaje** de los desechos de artefactos electrónicos, que permita:

- Recuperar los componentes en buen estado para crear un centro de repuestos para la reparación de equipos. La divulgación de la información acerca de los repuestos disponibles, una vez recuperados en el centro de desensamblaje, se efectuará mediante la creación de una bolsa de repuestos. Este instrumento será responsabilidad del Centro de Desensamblaje.
- Recuperar materiales para el reciclaje, algunos de los cuales podrían ser exportados o procesados en el país. En la medida en que sea factible se tratará de procesar localmente los materiales, con el propósito de que haya un aprovechamiento nacional de estos recursos.

La información acerca del ingreso de equipos electrónicos, su registro y el seguimiento de su destino una vez que se convierte en desecho es un instrumento de la Unidad Ejecutora, que le permitirá verificar el cumplimiento de las metas de tratamiento de los desechos generados. El sistema de registro y monitoreo de los equipos electrónicos, garantizará la información que respalde las consideraciones financieras del sistema de manejo de desechos de artefactos eléctricos y electrónicos. Los datos para el sistema serán suministrados a la Unidad Ejecutora por Aduana y los empresarios productores, importadores y distribuidores de equipo eléctrico y electrónico que se encuentren afiliados al sistema.

El seguimiento a la aplicación del Decreto por parte del Ministerio de Ambiente requiere de un sistema de monitoreo y supervisión, que retroalimente el mejoramiento del sistema. Esto

⁸⁵ ACEPESA 2004, ACEPESA 2007.

requiere del diseño e implementación del sistema, así como el entrenamiento del personal encargado.

Una de las primeras acciones de la estrategia consiste en la recolección, para su procesamiento, de los desechos históricos, proceso que debe ejecutarse mediante un plan que establezca las prioridades, mecanismos y procedimientos, de manera que se pueda atender la oferta de manera escalonada según tipo de usuario y zona geográfica.

Para el manejo responsable de los desechos de los equipos se requiere poner en marcha un Plan de educación que permita crear nuevos hábitos en quienes consumen y generan desechos electrónicos. Es fundamental proveerles de la información específica de qué hacer con su equipo. También se deben realizar campañas de sensibilización y educación acerca del impacto en la salud y el ambiente de la disposición inadecuada de este tipo de desechos. Esta es una labor permanente en la que participarán diferentes actores sociales, tanto gubernamentales como privados.

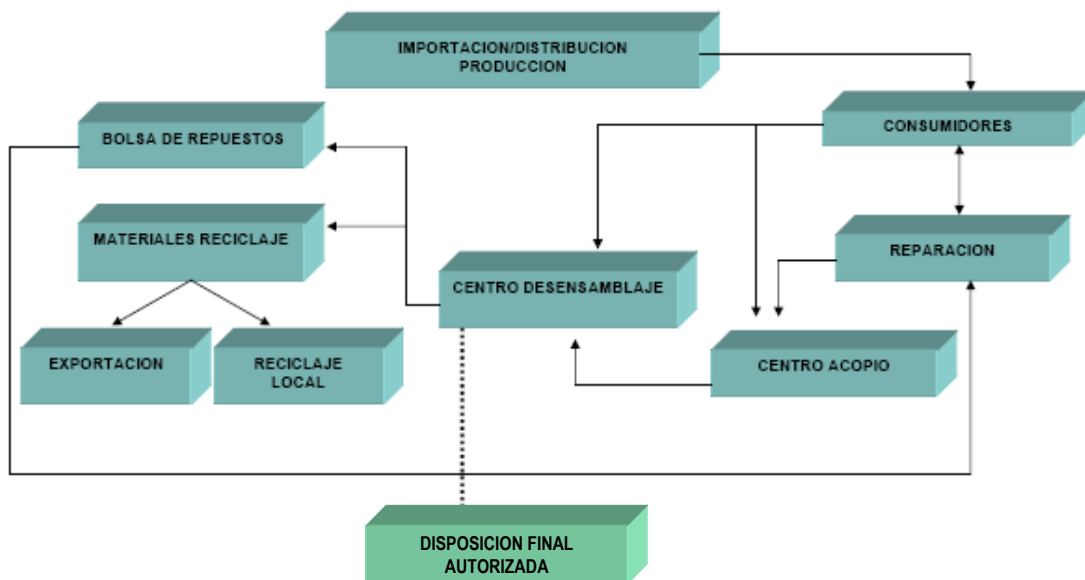


Figura 2.17 Modelo de gestión de residuos electrónicos en Costa Rica

Legislación en Chile

En el año 2005 se promulga la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, cuyo objetivo es "lograr que el manejo de residuos sólidos se realice con el mínimo de riesgo para la salud de la población y para el medio ambiente, propiciando una visión integral de los residuos, que asegure un desarrollo sustentable y eficiente del sector." Una de las acciones que contempla la Política es armonizar la normativa, completarla y evaluar la necesidad de crear la Ley General de Residuos.

En Chile se han realizado diversos esfuerzos por normar la gestión de los residuos. Sin embargo, hasta hoy no existe una reglamentación específica para los residuos electrónicos, aunque se

esperan avances durante el año 2009. Por lo mismo no existe una definición de éstos como residuos especiales, tal como ocurre en otros países.

Dentro de la Normativa sanitaria existente, y que actualmente se aplica está el Reglamento de Manejo de Residuos Peligrosos, D.S. 148/2003, define como residuos peligrosos "los residuos o mezcla de residuos que representan un riesgo para la salud pública y/o efectos adversos para el medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto" (Art.10). Las características de peligrosidad incluyen (Art.11): Toxicidad aguda, crónica o extrínseca (por lixiviación). Inflamabilidad. Corrosividad y Reactividad (para mayores detalles ver anexo 4). Además, el Reglamento establece lo siguiente:

En el artículo 18, lista I, se definen como residuos peligrosos "sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)".

El artículo 18, lista II, establece que los desechos que contengan metales pesados o sus compuestos son considerados peligrosos:

El artículo 19 establece que los residuos listados en el artículo 90, lista A, "son peligrosos a no ser que se demuestre lo contrario ante la Autoridad Sanitaria, entre ellos se encuentran:

- *A1180. Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o chatarras de éstos que contengan componentes como baterías incluidas en la presente Lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitores de PCB, o contaminados con constituyentes de la Lista II del artículo 18 (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en concentraciones tales que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad.*
- *A2010. Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados*

De acuerdo a lo anterior, puede concluirse que algunos componentes de los residuos electrónicos podrían ser considerados peligrosos ya que:

- Algunos componentes de los residuos electrónicos pueden mostrar características como las señaladas en el artículo 11 (esto es, toxicidad crónica), las cuales pueden significar un riesgo para la salud pública o medioambiental en condiciones de manejo inadecuado.
- Los residuos electrónicos contienen materiales como los mencionados en el artículo 18, listas I y II, y contienen componentes que son mencionados en el artículo 19.

No obstante La lista B del Reglamento (Residuos no Peligrosos) establece dentro de la categoría B1110:

- *Montajes electrónicos que consistan sólo en metales o aleaciones*
- *Residuos o chatarra de montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos) que no contengan componentes tales como baterías incluidas en la Lista A del presente Artículo, interruptores de mercurio, vidrio procedente de tubos de rayos catódicos u otros vidrios activados ni condensadores de PCB, o no estén contaminados con sustancias de la Lista II del artículo 18 (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) o de los que esos componentes se hayan extraído hasta el punto de que no muestren ninguna característica de peligrosidad*
- *Montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables) destinados a una reutilización directa, y no al reciclado o a la eliminación final.*

Basados en lo anterior, un tema que requiere ser clarificado corresponde a la definición de en qué momento un producto electrónico en desuso pasa a convertirse en residuo, pues esto afecta y complicaría la logística de las operaciones de acopio y/o recuperación y, además, en qué momento también aplica efectivamente la definición de residuo peligroso, considerando, como ejemplo que en los países europeos **dicha condición se establece para ciertos**

elementos una vez que el equipo es desensamblado (“descontaminación”) y los residuos electrónicos están clasificados como residuos especiales, no requiriéndose permisos especiales para las etapas de acopio y transporte a centros de reciclaje.

Adicionalmente se debe tener en consideración que Chile espera ingresar pronto a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), ciñéndose a sus lineamientos y exigencias en cuanto al manejo de residuos.

Actualmente, se pueden determinar las siguientes categorías de residuos y su clasificación como peligrosos, considerando la separación previa de elementos de residuos de equipos electrónicos.

Tabla 2.26 Clasificación de Residuos peligrosos Resultantes del proceso de desarme de aparatos electrónicos en desuso

RESIDUO	CLASIFICACION según DS 148	Componentes peligrosos	TRATAMIENTO
CONECTORES	A 1030 A 3180 A 1010 II.2 II.4 II.1.1	Fraciones de metales pesados como la soldadura de plomo-estaño.	Clasificación Almacenamiento temporal
CIRCUITOS INTEGRADOS	A 1180 A 1120 II.9 II.13 II.2 II.4	Sólo si traen integradas pilas tipo botón y pequeños condensadores y estos no se retiran	Clasificación Almacenamiento temporal
PANTALLAS Y TUBOS RAYOS CATÓDICOS	A 1010 A 1180 A 2010 II.11 II.13	crystal impregnado de compuestos de plomo o mercurio	Clasificación Almacenamiento temporal, desarme y recuperación elementos no peligrosos
PILAS Y BATERIAS	A 1030 A 1170 II.11 II.13	níquel-cadmio, plomo, óxido de mercurio, entre otros	Clasificación Almacenamiento temporal. No se realiza desarme
CONDENSADORES	A 3180 I.10	Posiblemente PCBs	Clasificación almacenamiento temporal

Fuente Declaración de Impacto ambiental. Empresa DEGRAF.

Dada la situación actual de la normativa nacional, la autoridad sanitaria exige el manejo de los residuos electrónicos como peligrosos y establece que los generadores deben cumplir con el DS 148, enviando sus residuos a sitios de eliminación autorizados y declarando los mismos a través del sistema SIDREP (sistema de información de residuos peligrosos).

Por lo anterior, la autoridad exige que las instalaciones de eliminación (empresas de reciclaje y disposición final) cuenten con autorizaciones para:

- Calificación ambiental proceso de reciclaje (aprobación DIA en el sistema de Evaluación de impacto ambiental, SEIA).
- Autorización sanitaria del proceso: almacenamiento tratamiento y condición de destinatario de residuos electrónicos.
- Autorización sanitaria transporte y destino (residuos peligrosos, no peligrosos).

Bajo dicho criterio se requiere también de los siguientes permisos para instalaciones de acopio temporal⁸⁶:

⁸⁶ Información Seremi de Salud

- Empresas que reciben y almacenan equipos propios fuera de uso: deben solicitar autorización de bodega de residuos.
- Empresas de acopio que reciben equipos de diferente origen: son equivalentes a un destinatario de residuos, por lo que deben solicitar una autorización de almacenamiento y destino (aunque cuando sea transitorio).

2.4.4 Diagnóstico De La Gestión Actual En Chile

La gestión actual de los residuos electrónicos, por parte de las mismas empresas o de los distintos generadores, presenta un grado de desarrollo incipiente pero en proceso de desarrollo, tal como se detalla a continuación.

2.4.4.1 Gestión De Empresas Importadoras, Distribuidoras Y Servicios Técnicos Asociados

Las empresas importadoras de equipos computacionales y de telefonía móvil han iniciado o están en proceso de iniciar programas voluntarios de recolección y almacenamiento de equipos electrónicos fuera de uso, tanto en servicios técnicos asociados como en las mismas empresas, para su posterior envío a reacondicionamiento para reuso social, reciclaje o disposición final en empresas autorizadas. Es el caso de empresas como Olidatta, Epson, Samsung, HP, Motorota, Nokia, Dell, Panasonic y Apple, por mencionar algunas. Otras empresas, como Sony, actualmente recuperan y reusan internamente algunos elementos, como los plásticos.

Esta situación ya implica un avance substancial pues actualmente un porcentaje importante de equipos no es retirado de los servicios técnicos por los usuarios, por distintas razones, quedando en abandonado en bodegas y otras dependencias, de acuerdo a lo informado por las empresas del rubro, lo que ha llevado a algunos productores a hacerse cargo de estos residuos para su disposición final. En otros casos, las empresas ofrecen la oportunidad de devolver los equipos usados, y a veces pueden aportarlos para el cambio por uno nuevo.

Los programas que cada empresa establece se basan en las políticas de sus casas matrices a nivel internacional. Varias de ellas recién están comenzando a implementar estos programas debido a que, según lo indican, previamente no existían condiciones para la entrega de equipos a empresas recicladoras que cumplieran sus estándares en cuanto a permisos necesarios o infraestructura, entre otras⁸⁷ y, en otros casos, porque no existía normativa que exigiera incorporar dichos programas, situación que cambiaría con la futura Ley de Residuos.

En el caso de los operadores de telefonía celular, dos de las empresas que cubren más del 80% del mercado (Movistar y Entel PCS) mantienen campañas de recolección en sus locales desde hace un par de años, incorporado en algunos casos a instituciones de beneficencia y el apoyo de otras empresas (mayores detalles se entregan en el punto 2.4.5). Los equipos recolectados se envían a empresas de acopio, encargadas básicamente de clasificar los equipos y almacenarlos temporalmente, para su posterior exportación a países como Brasil o México, donde se les separa en aquellos que pueden ser reparados y devueltos a un nuevo uso y los que se destinarán a reciclaje; estos últimos son desmantelados y enviados a países que cuentan con fundiciones y refinerías para la recuperación de metales (actualmente a Estados Unidos). La tercera empresa operadora (Claro) ha realizado a la fecha sólo campañas parciales y de corta duración.

2.4.4.2 Organismos Del Estado Y Municipios

⁸⁷ Las políticas de las empresas en general incluyen una auditoría previa a las instalaciones de reciclaje a fin de verificar el cumplimiento de estándares predefinidos para el manejo de los residuos, así como auditorías periódicas de seguimiento

De acuerdo a información de estudios previos e información recabada por este diagnóstico, un importante flujo de equipos computacionales provenientes de organismos del estado se destina a donaciones en entidades como Chilenter o CDI para su recuperación social y reinserción bajo un segundo uso en escuelas y otras organizaciones sociales.

Algunos Municipios han realizado actividades parciales de recolección de estos residuos, por ejemplo, la Municipalidad de Peñañolén en la Corrida Ecológica, realizada el domingo 14 de marzo de 2009 estableció varios puntos limpios en el trayecto de la actividad, en los cuales se recibían residuos electrónicos junto a otros residuos. La municipalidad de Ñuñoa recoge estos equipos dentro de la iniciativa del día del reciclaje que se realiza una vez al año, pero al parecer no existe separación de los mismos. Por otro lado, la Municipalidad de Vitacura cuenta con un centro de acopio de residuos desde el año 2008 donde se reciben residuos electrónicos de los habitantes de la comuna u otras aledañas. En el resto del país no se encontraron mayores antecedentes de municipios que desarrollen algún tipo de manejo de este tipo de residuos, a excepción de la Municipalidad de Valdivia, que está trabajando en las campañas de recolección de celulares.

Algunos organismos del Estado como el Ejército, Armada y Carabineros actualmente se encuentran adscritos a campañas de recolección de celulares a nivel nacional, de acuerdo a lo informado por la empresa DONATEL.

2.4.4.3 Empresas Particulares

En general, las empresas reemplazan en forma periódica sus equipos: los equipos dados de baja se comercializan en remates públicos y algunos se donan a instituciones. En el primer caso no existe ningún control respecto del destino que tendrían dichos equipos.

En Chile existen varios comercios dedicados a la recuperación y/o actualización de computadores y artefactos eléctricos y electrónicos desechados o de "segunda mano", uno de los mejores ejemplos son barrios como los de las calles San Diego, el Persa Bio-Bio y las ferias libres ubicadas a lo largo del país. A pesar de que estas empresas o comercios, no realizan la tarea con un fin ambiental, sino más bien económico, aun así contribuye al retardo en que estos componentes sean desechados y lleguen a los rellenos sanitarios o a vertederos ilegales contaminando el suelo en el cual se encuentra.

Como se ha mencionado previamente, un porcentaje no menor de equipos y piezas en mal estado quedan en los servicios técnicos o en empresas de reacondicionamiento y actualización algunas de estas empresas han comenzado a gestionar estos residuos, pero todavía existe un número importante de servicios que los acumula para luego tratar de revenderlos, dejarlos en la calle o entregarlos a cartoneros, quienes retiran algunas piezas, quedando el resto para retiro como basura domiciliaria, o bien enviarlos a disposición final en sitios no autorizados o a reventa. Algunos destinos que ha logrado recabar este estudio indican como destino de estos residuos los rellenos sanitarios, vertederos autorizados (en el caso de regiones) y también vertederos ilegales.

2.4.4.4 Recuperación Y Donación Para Proyectos Sociales

A nivel nacional existe un flujo de tecnología de productos electrónicos, principalmente de tipo computadores y monitores, que proviene principalmente de instituciones públicas y grandes empresas, hacia sectores de la sociedad alejados de ésta. No obstante, los consumidores particulares también contribuyen.

Las dos instituciones que actualmente reciben donaciones y reacondicionan equipos son la Fundación Chilenter y el Comité para la Democratización Informática, CDI. Otra entidad que está comenzando a desarrollar acciones de este tipo es InterConnection Chile.

Fundación Chilenter

Fundación CHILENTER es una institución de derecho privado sin fines de lucro, creada el año 2002. Su misión es "contribuir con la superación de la brecha digital otorgando oportunidades de uso y acceso a los sectores alejados de la tecnología, mediante herramientas de apoyo tecnológico a la educación y el emprendimiento social"⁸⁸.

El principal mecanismo de generación de equipamiento computacional de Fundación CHILENTER, corresponde al proceso de reacondicionamiento de computadores usados, los que son obtenidos a través de diversos procesos. Lo anterior, posiciona a la Institución como un importante actor nacional en materia de reacondicionamiento computacional.

La Fundación desarrolla actualmente tres programas: **Tecnología y Educación**, orientado a jardines infantiles, escuelas y liceos; **Tecnología y Comunidad**, orientado a instituciones sociales, dentro del cual se inserta el concurso "Comunidades Digitales", dirigido a organizaciones sociales e instituciones sin fines de lucro de todo el país; y **Proyectos de Colaboración**, a través de la alianza con otras instituciones para garantizar la utilización social de los equipos por medio de campañas, convenios y capacitaciones.

Desde el año 2004, CHILENTER mantiene un convenio con el Programa Enlaces del Ministerio de Educación, que ha permitido el traspaso de tecnología a través de la entrega de más de **29.000** computadores reacondicionados desde Pentium II hacia configuraciones superiores, para ser entregados a establecimientos educacionales en diferentes regiones del país.

Desde el año 2003 hasta octubre de 2008, CHILENTER ha recibido 48.110 equipos en desuso, entregando 32.427 computadores reacondicionados. Con ello, se han beneficiado 3.638 establecimientos educacionales subvencionados, adscritos al Programa Enlaces del Ministerio de Educación, 488 organizaciones sociales, con 2.223 computadores y, a través de sus proyectos de colaboración con otras instituciones, se destacan 1.025 jardines infantiles, 20 centros de adultos mayores y 12 centros familiares, organizaciones microproductivas, entre otros convenios⁶⁵. Los datos históricos de recepción de equipos y reacondicionamiento se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.27 Equipos recibidos y reacondicionados por Chilenter

Año	Recibidos	Reacondicionados	No Reutilizables	Porcentaje recuperación (en número)
2003	892	403	489	45%
2004	4.026	2.321	1.705	58%
2005	6.320	4.809	1.511	76%
2006	10.357	7.930	2.427	77%
2007	12.211	7.262	4.949	59%
2008	14.304	9.702	4.602	68%

Fuente: Fundación CHILENTER 2009.

CHILENTER recibe equipos en donación por parte de instituciones públicas y empresas privadas, así como también a través de convenios que mantiene con el extranjero (Computer Aid en Inglaterra, e Interconnection en Estados Unidos), aun cuando el objetivo a futuro es disminuir el porcentaje de computadores importados. También se han recolectado equipos a través de campañas masivas junto a la empresa de retail Falabella (ver punto 2.4.5).

Los requisitos mínimos para donar equipos son los siguientes: procesador Pentium III o superior, con monitor a color.

Se estima que el costo por computador reacondicionado es alrededor de 130 dólares⁸⁹. Las instituciones que son beneficiadas con los equipos reacondicionados no pagan por la obtención de estos computadores, sino que los reciben en comodato por un período de tiempo que varía

⁸⁸ www.chilenter.cl y entrevista realizada por consultor de CONAMA a Fundación Chilenter.

⁸⁹ Steubing, 2007

según el proyecto y sus características⁹⁰. Por tanto, CHILENTER se hace cargo de los mismos hasta el final de su vida útil a través de un sistema de seguimiento y trazabilidad que se mantiene en todos los proyectos en desarrollo, cerrando el ciclo de gestión sustentable.

Los computadores donados son enviados al laboratorio de reacondicionamiento de la Fundación, donde se realiza un chequeo para determinar si éstos cuentan con las piezas mínimas para su funcionamiento. Si este primer paso se cumple el proceso consiste en el cambio del procesador, memoria, tarjeta madre, tarjeta de video y de red. Una vez que el hardware es habilitado, el computador pasa por una limpieza exhaustiva y el siguiente paso es la instalación del software. El reacondicionamiento implica los siguientes pasos: borrado de datos, selección de componentes, instalación y configuración de programas, control de calidad, embalaje y distribución hacia los distintos destinatarios de los diferentes programas que ejecuta la Fundación. El control de calidad, previo al embalaje, consiste en una simulación de uso real para confirmar el correcto funcionamiento del hardware (incluido mouse y teclado) y software instalado. El equipamiento entregado en comodato a las instituciones destinatarias incluye una garantía técnica de seis meses. El diagrama del proceso general de reacondicionamiento ejecutado por la Fundación, se aprecia en la figura numero 2.18a

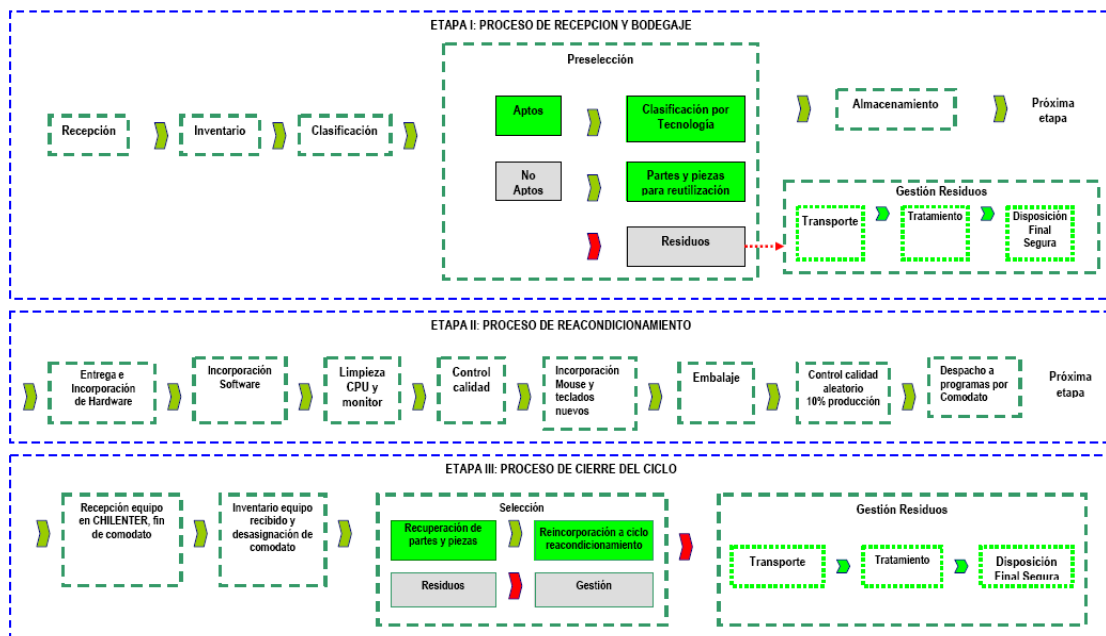


Figura 2.18a modelo de gestión en la recuperación de equipos electrónicos (Fuente Chilenter)

El reacondicionamiento se realiza con equipos recibidos a través de donaciones, aunque también se incluyen partes nuevas como discos duros, mouse y teclados. La configuración de software del equipamiento depende del proyecto al cual está dirigido; por tal razón los software utilizados en un equipo destinado a un jardín infantil o a una escuela o a una organización, son diferentes según el uso y público objetivo. No obstante, la instalación de software cumple con todas las normas de propiedad intelectual vigentes. En este sentido, destaca un convenio con Microsoft, que apoya a la Fundación con licencias, a un precio simbólico, a través del programa internacional MAR (Reacondicionador Microsoft Autorizado).

⁹⁰ Entrevista realizada por consultor de CONAMA a Fundación Chilenter.

Aproximadamente un 10 por ciento de los equipos que recibe CHILENTER de las grandes empresas y 30 por ciento proveniente de las pequeñas, no puede ser reacondicionado y, por lo tanto, puede ser considerado residuo (en promedio se utiliza como dato estimativo un 70% de recuperación).

Por ello, CHILENTER completa su ciclo de gestión enviando todos los residuos electrónicos generados a empresas recicladoras o de tratamiento y disposición final autorizada (los componentes peligrosos son enviados directamente a la empresa HIDRONOR). Con ello, la Institución se alinea con los elementos identificados en la Estrategia Jerarquizada de Gestión de Residuos, ya que incorpora en su modelo de gestión, variables tales como la **Prevención** en la generación, **Minimización**, **Tratamiento** y por último la **Disposición Final Segura**. El modelo de gestión de residuos electrónicos desarrollado por CHILENTER se muestra en la figura 2.18b.

GESTIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN BASE A ESTRATEGIA JERARQUIZADA



Figura 2.18b modelo de gestión en la recuperación de equipos electrónicos (Fuente Chilenter)

CDI Chile

El Comité para la Democratización de la Informática (CDI) es una Organización Internacional, No Gubernamental, sin fines de lucro, que promueve actividades educativas y profesionales (**Escuelas de Informática y Ciudadanía -EICs**), con el objetivo de reintegrar los miembros de las comunidades pobres, disminuyendo los niveles de exclusión social en la que están sometidos en todo el mundo. CDI nace en Brasil el año 1995 y hoy, luego de 13 años, se encuentra presente en 7 países latinoamericanos y con oficinas de representación en EE.UU. e Inglaterra. Además de desarrollar un trabajo pionero al llevar la informática a las poblaciones menos favorecidas, el CDI promueve, a través de una innovadora metodología la ciudadanía, la alfabetización, la ecología, la salud, los derechos humanos y la no-violencia, a través de la tecnología de la información.

CDI Chile nace el año 2001, promoviendo actividades educativas a través del uso de la tecnología, disminuyendo los niveles de exclusión digital en comunidades de bajos ingresos económicos trabajando con niños, jóvenes, adultos y adultos mayores. Cuenta con 33 EICs, en

7 Regiones del país, tanto en zonas urbanas como rurales, incluyendo Chiloé y la Isla de Pascua⁹¹. Su misión es promover la inclusión social de las poblaciones menos favorecidas, utilizando las tecnologías de la información y comunicación como instrumento para la construcción y el ejercicio de la ciudadanía.

La principal actividad de CDI es la inclusión digital de personas, comunidades y organizaciones sociales. Esto lo lleva a cabo a través de cuatro programas:

- 1) **La implementación de Escuelas de Informática y Ciudadanía (EIC's)** en comunidades de baja renta, a través de una alianza entre CDI y organizaciones o instituciones que cumplan con un rol social, como son ONGs, colegios, bibliotecas y centros comunitarios entre otros. La implementación consiste en la entrega de equipamiento computacional reciclado con software instalado, además de la capacitación de los educadores, voluntarios técnicos y coordinadores de las EIC's todos miembros de la entidad asociada. Una vez implementada una EIC, CDI se compromete a acompañarla en su desarrollo, identificando demandas y dificultades ofreciendo una plataforma de apoyo para cada organización que le permita obtener altos grados de autonomía. Se distingue a las EICs como emprendimientos comunitarios basados en la autogestión y autosustentabilidad.
- 2) **Donaciones Tecnológicas para organizaciones sin fines de lucro.** Son las organizaciones sociales del país quienes hacen una importante contribución para mejorar la calidad de vida de quienes se encuentran por diversos motivos en situaciones de pobreza y exclusión social. Sin embargo también se encuentran excluidas tecnológicamente por no poder priorizar recursos económicos a su desarrollo informático y tecnológico. Para suplir esta brecha y fortalecer el trabajo que llevan a cabo es que CDI Chile lanzó en Mayo del 2008 el programa DonaTec (www.donatec.cl). Este programa es posible gracias a la alianza de CDI Chile con TechSoup Global (ONG de San Francisco, EE.UU.) y a las donaciones de tecnología de empresas como Microsoft, CISCO, Symantec, entre otras.
- 3) **CDI en la Empresa** a través de proyectos estratégicos que permitan potenciar la responsabilidad Social Empresarial de las empresas aliadas.
- 4) **Ciclo verde** – La necesidad de contar con una visión ambientalmente responsable y social al mismo tiempo. Ha llevado a CDI Chile a desarrollar un modelo de ciclo cooperativo entre sus principales agentes.
 - a. Recuperación de equipos para dar acceso a computadores en escuelas de escasos recursos o excluidas digitalmente, así como para la mantención del estándar de dichas escuelas; contribuyendo con el medioambiente al otorgar mayor durabilidad a los equipos computacionales. (Periodos estimados de 1 a 3 años de extensión de vida útil antes de convertirse en desecho electrónico).
 - b. Reciclaje de equipos. Este se realiza a través de convenio con una empresa recicladora que apoya a la corporación. El proceso en términos sencillos involucra derivar el desecho electrónico proveniente de las escuelas; empresas donantes y/o cualquier fuente para que la empresa retire y posteriormente valore materiales o los envíe a destino final autorizado.
 - c. Empresas privadas aliadas. Incorpora en cada uno de sus proyectos el compromiso por mantener una constante política en términos de Recuperación y Reciclaje, fortaleciendo alianzas con el mundo privado en los temas de e-waste.

CDI capta recursos financieros para la realización de su trabajo a través de alianzas con el mundo privado, público y el tercer sector. En Chile hemos contado con el apoyo de Microsoft, Fundación Avina, BID, Philips, World Bank Group, Fundación País Digital, VTR, Philips, CODELCO, Banco BCI, Minera los Pelambres, Fundación de Innovación Agraria, Invertec, entre otros socios fundamentales, lo que ha permitido construir una sólida estructura institucional, en

⁹¹ www.cdi.cl

la cual nuevos recursos pueden ser invertidos con seguridad para la creación de programas sociales de alta calidad e impacto.

Dado que CDI trabaja en conjunto con organizaciones a nivel mundial existe un proyecto de creación de centros de acopio de residuos electrónicos intermediarios que permitan un traspaso más eficiente hacia los puntos donde existen instalaciones de reciclaje a nivel mundial (por ejemplo, refinerías).

Indican que entre los problemas que destacan en la gestión actual de estos residuos se encuentran las fallas de logística tanto en los sistemas de recolección por parte de algunas empresas recicladoras como en la responsabilidad social de muchas empresas, la que llega solo hasta la donación de los equipos, no entregando apoyo en el transporte y entrega final de los mismos, la que debe quedar a cargo de quien recupera.

Proyectos de Organizaciones no gubernamentales⁹²: Plataforma RELAC IDRC/SUR

A nivel nacional se encuentra operando desde hace 5 años un proyecto asociativo denominado Plataforma Regional sobre Residuos Electrónicos de PC en Latinoamérica y el Caribe (RELAC/IDRC), el cual se implementa en SUR Corporación, con el apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, Canadá).

Las bases de la Plataforma Regional se establecieron en las conclusiones del Proyecto de Investigación Aplicada sobre el Reciclaje de Computadoras en Latinoamérica y el Caribe, realizado por SUR/IDRC entre los años 2004 y 2007. Los resultados de ese proyecto evidenciaron la necesidad y urgencia de abordar el tema de los residuos electrónicos en consonancia con el desarrollo de la economía y la industria de las TIC en la Región. Durante dicho periodo se analizaron las condiciones de reacondicionamiento y reciclaje en la región y se evaluó la situación de la transferencia de PC usados a países en desarrollo entre otros aspectos, a fin de desarrollar propuestas de mejoramiento en la gestión.

El principal objetivo del proyecto en el periodo 2007-2010 es implementar una plataforma regional asociativa que, a través de tres áreas fundamentales: investigación aplicada, desarrollo de capacidades y la gestión comunicacional, fomenta, articula y difunde iniciativas que promuevan soluciones para la prevención, la adecuada gestión y el correcto tratamiento final de los residuos electrónicos generados, contemplando las diversas dimensiones que los constituyen (económicas, sociales y ambientales) y los diversos actores sociales involucrados. Actualmente la Plataforma opera en ocho países (Perú, Colombia, Brasil, Ecuador, Bolivia, Argentina, Chile y Centroamérica, a través de Costa Rica).

Entre los aspectos más relevantes abordados actualmente, y que tienen relación con el presente diagnóstico se encuentran la promoción del negocio social del reacondicionamiento y reciclaje, determinando el cómo integrar a los actores informales al sistema formal, el apoyo al desarrollo de marcos legales y políticas para el reciclaje, incorporando la recuperación (bajo un concepto de responsabilidades compartidas de todos los actores), a través de redes de trabajo, e fomento de la investigación y la educación de la ciudadanía. La Plataforma realiza periódicamente encuentros internacionales en distintos países y ha suscrito un convenio con UNESCO para trabajar desde la inclusión digital. A nivel nacional, también ha suscrito un convenio con CONAMA en el tema de gestión de residuos electrónicos. En el Anexo 5 se indica un listado de los proyectos y experiencias de reacondicionamiento desarrollados en Latinoamérica.

2.4.4.4 Empresas De Gestión De Residuos Electrónicos.

Como se ha indicado previamente, existen a la fecha varias empresas dedicadas a la recolección y acopio o al reciclaje de residuos electrónicos, algunas de ellas con todas las autorizaciones y

⁹² www.residuos-electronicos.net e información personal Uca Silva

permisos ambientales y sanitarios necesarios, establecidos por la normativa actual y otras en proceso de solicitud de las mismas, según se detalla en la tabla 2.28. Las empresas de reciclaje realizan el desmantelamiento de los residuos para la valorización de sus componentes; las empresas de recolección y acopio sólo reciben y almacenan equipos para su posterior envío a diferentes destinos, sin desmantelar.

Tabla 2.28 Empresas o Proyectos relacionados a la gestión de Residuos electrónicos

EMPRESA	ESTADO	UBICACIÓN PROYECTO	TECNOLOGIA	TIPO DE PRODUCTO A COMERCIALIZAR	CAPACIDAD
DEGRAF (Rc)	Operando DIA con RCA aprobada, con permisos sanitarios para Res. Peligrosos y no peligrosos	RM	Separación componentes computación y celulares	Residuos no peligrosos, residuos peligrosos se envían a disposición final	Máximo 60 ton/mes (nueva planta el operación)
COMEC (Rc)	Operando, con permiso sanitario para residuos no peligrosos	RM	Separación componentes computación y celulares	Residuos no peligrosos	Total 95 ton
RECYCLA (Rc)	Operando DIA 2008 en evaluación para obtención RCA	RM	Separación componentes computación y celulares	Residuos no peligrosos, disposición final residuos peligrosos Exportación no peligrosos	60 ton/mes, proyecto nuevo en evaluación expandirá capacidad a 4000 ton/año
RIMCHI (Rc)	DIA en evaluación SEIA (desde enero 2009)	RM	Recuperación cables, aparatos de telefonía	Almacenamiento de cables, teléfonos y sus accesorios, tarjetas electrónicas, entre otros exportación	10 ton/mes proyectadas para el total de residuos
CHILE RECICLA (Rc)	Está por iniciar operaciones, en proceso de obtención de permisos	VIII Región	Separación componentes computación y celulares	Residuos no peligrosos, disposición final residuos peligrosos	Proyecta 4 a 6 ton/mes para primer año operación
CODEC (Rc)	Operando, en proceso de obtención de permisos	RM	Separación componentes computación y celulares	Residuos no peligrosos, disposición final residuos peligrosos	40 a 90 ton/año
RECICLEX (Rc)	Operando, en proceso de obtención de permisos	RM	Separación componentes computación y celulares	Residuos no peligrosos, disposición final residuos peligrosos Exportación no peligrosos	25 a 30 ton/año
DONATEL (R)	Operando como centro de acopio para celulares	RM	Clasificación sin separación de componentes	Exportación de celulares fuera de uso	Capacidad actual cerca de 70.000 unidades/año
ANOVO (R)	Operando como centro de acopio para celulares	RM	Clasificación sin separación de componentes	Exportación de celulares fuera de uso	Capacidad actual cerca de 70.000 unidades/año
PUNTO LIMPIO VITACURA (C Municipal)	Operando como centro de acopio	RM	Acopio temporal	Centro de de acopio de residuos domiciliarios, incluyendo electrónicos	5 ton /año

Rc: operaciones de reciclaje

R: operaciones de recuperación – acopio

C: centro acopio

A los anteriores se deben agregar las tres instituciones que realizan recuperación social (de gran importancia en el ámbito del reuso, y recomendada en la estrategia jerarquizada de gestión de residuos electrónicos).

Adicionalmente se identificaron alrededor de 12 empresas que se publicitan como recicladores, indicando en la mayoría de los casos sólo direcciones electrónicas o números de teléfono (ver Anexo 2G).

Manejo a través del sector informal⁹³

En Chile, como en prácticamente toda América Latina, se desarrollan actividades informales de reciclaje y recuperación de materiales desde residuos electrónicos. Actualmente se está avanzando en un proyecto de investigación⁹⁴ cuyo objetivo es desarrollar un modelo que involucre actores vulnerables del sector informal en una gestión de RAEE más sustentable en términos económicos, ambientales, y sociales – el modelo de "Negocio Social".

En la primera fase de este estudio se identificaron los actores vinculados a la cadena completa de la gestión de RAEE en Santiago de Chile. Los resultados mostraron que el rol del sector informal en la actual gestión y el manejo de los Residuos electrónicos es clave en términos de volumen, sobretudo para la etapa de recolección y recuperación de los materiales de valor. El sector informal que participa en la gestión de residuos electrónicos se constituye por cartoneros, chatarreros, intermediarios y empresas de reciclaje informales que tienen organizada una red de recogida y sistemas de recuperación.

La recolección informal de residuos electrónicos desde el sector residencial es dominada por los cartoneros, término que fue reemplazado por Recolectores Informales de Materiales Reciclables (RIMR). Los RIMR son personas que trabajan en la recolección y reciclaje de residuos sólidos de los cuales normalmente no se hace cargo la administración municipal y no pertenecen al sector formal de la economía. No obstante, ellos contribuyen significativamente al sistema de limpieza de las ciudades y al aprovechamiento de recursos, ya que convierten desechos actualmente enterrados en rellenos sanitarios en materia prima secundaria. Su modelo de negocio se sustenta en el reciclaje de una amplia gama de materiales como papel, cartón, lata, vidrio, etc. Desde algunos años un cierto grupo de Recolectores Informales de Materiales Reciclables se sustenta parcialmente en la recolección y comercialización de residuos eléctricos y electrónicos. Según el Presidente Nacional de Recicladores, Exequiel Estay, de los 3500 RIMR que trabajan en la Región Metropolitana unos 500 coleccionan y comercializan residuos computacionales. Ellos encuentran diferentes tipos de equipos electrónicos en desuso entre los residuos sólidos urbanos que se dejan en la calle para que lo retire el camión recolector de basura o los usuarios se los entregan directamente. La mayoría del material se desensambla y vende por partes en las ferias libres, devolviendo el material al reuso.

En los últimos años, han surgido bastantes gestores informales y semi-formales (en proceso de autorización), que se anuncian por Internet y retiran gratuitamente todo tipo de residuos electrónicos y electrodomésticos. Los equipos "dados de baja" por las empresas o el sector público, son comprados por los servicios técnicos. Después de la selección de partes funcionales, a menudo terminan en manos de un gestor informal, o se descartan como residuo domiciliario.

Existe una red de recogida formada por intermediarios informales que compran tarjetas de circuitos a los servicios técnicos y las venden a gestores formales de residuos electrónicos, por lo cual se puede asumir que la mayoría de las tarjetas reunidas por los diferentes actores de la cadena terminan tarde o temprano en manos de las empresas (mayormente formales) que las exportan.

Posterior a la recolección se desarrolla un proceso de "recuperación económica", donde se desmontan los equipos rescatándose únicamente las partes de valor. Todo lo demás se envía a la basura domiciliaria la cual es recogida por las empresas prestadoras del servicio de aseo y termina finalmente en un relleno sanitario.

⁹³ Fuente: Maya Wolfensberger (2009) Diagnóstico de la Gestión de Residuos Electrónicos en Santiago de Chile enfocado en el Sector Informal (RELAC/IDRC/EMPA).

Generalmente el cable no se quema para recuperar el cobre (a diferencia de otros países en Latinoamérica) sino se desprende el plástico manualmente. Este hecho se debe al menor precio que se obtiene por los cables quemados en el mercado nacional (medida que fue tomada debido al reiterado robo de cables telefónicos. Como el cable quemado se asocia con el cable robado, este se deprecia en la venta). Como efecto lateral, esta medida protege la salud de los recuperadores informales de residuos electrónicos.

Las carcasas y otros componentes plásticos hasta el momento no tienen mercado y se descartan junto con los residuos sólidos urbanos. Del monitor TRC se recupera el cobre contenido en el yugo deflector. El vidrio del monitor TRC, a menudo quebrado, termina en los rellenos sanitarios. En algunos casos se vende el vidrio quebrado como mezcla, un proceso sumamente nocivo para la salud debido al contacto con las sustancias tóxicas presentes en el tubo (como plomo, fósforo y cadmio).

Se sabe de la existencia de actores informales especializados en extraer metales preciosos de tarjetas de circuito y procesadores, los cuales no se han podido ubicar, a pesar de que se ha mencionado de su existencia dentro del sector. Sin embargo, se asume que estas actividades en Chile aún se ejecutan solo aisladamente y a pequeña escala.

Afortunadamente, los impactos negativos al medio ambiente y de salud no son al nivel de otros países en vías de desarrollo (como en o África y Asia), entre otras razones por los volúmenes más bajos. Pero, si se realizan procesos nocivos para la salud y el medioambiente que necesitarían ser controlados y formalizados. No obstante, el sector informal hace un trabajo insustituible: separa, clasifica, reusa y recupera grandes cantidades de estos residuos.

Los resultados de la primera fase de este estudio muestran que existe potencial de incrementar el rol del sector informal como eslabón entre los usuarios y los gestores finales, reduciendo así el volumen de los residuos electrónicos en los rellenos sanitarios y los vertederos ilegales, aumentando las cantidades de material que entra al ciclo de reciclaje y reacondicionamiento de equipos. Resumiendo, se puede indicar que la formalización las actividades informales en la gestión de residuos electrónicos tendría ventajas para toda la sociedad. Su formación en prevención de riesgos y la participación de municipios y gestores formales son claves para alcanzar una gestión eficaz y medioambientalmente segura.

2.4.4.5 Identificación De Prácticas Actuales

Las buenas prácticas presentes en nuestro país por parte de las empresas del rubro se focalizan básicamente en acciones de gestión voluntaria. A la fecha de este informe se tienen referencias de las siguientes.

Recolección de celulares

La empresa DONATEL junto a ENTEL y Hogar de Cristo inició en octubre del 2007 el "Plan Gonzalo" a nivel nacional, para la recepción de celulares en desuso en locales Entel a lo largo de todo el país. El proyecto consiste en la instalación de buzones para la recolección de todos aquellos equipos celulares y sus accesorios que se encuentran en desuso, ya sea porque son muy antiguos, no funcionan, están en mal estado o simplemente porque son cambiados por un nuevo celular.

Estos celulares en desuso son depositados en los buzones que se encuentran a nivel nacional en distintos puntos en Chile de ENTEL PCS, Supermercados Líder, Hogar de Cristo y otras empresas participantes. A la campaña también se han incorporado empresas como Líder y Cruz Verde, como puntos receptores, Copec, Esso, además de Municipios, colegios, universidades y Carabineros de Chile, Ejército de Chile, Armada de Chile, Presidencia de la Republica y un número importante de empresas privadas colaboradoras⁹⁵, esto permite que existan 900 puntos de recolección a lo largo de todo el país.

⁹⁵ www.entel.cl; www.donatel.us y comunicación personal DONATEL.

Estos equipos son recolectados por la empresa Donatel, quien los clasifica, embala y paletiza, para luego exportarlos, ya sea para recuperación, mediante su refaccionamiento en otros países o para su reciclaje con el fin de reutilizar sus distintos componentes (los destinos son Estados Unidos, Japón, China).

Además DONATEL junto a Fundación niño y cáncer mantienen una campaña de recolección de celulares actualmente en locales Blockbuster. Mantienen también campaña de reciclaje de toner con La Polar. La empresa DONATEL plantea expandir el programa de recolección incorporando otras instituciones que puedan ser beneficiadas, además de las mencionadas previamente.

La tasa promedio de recolección es cercana a 5.000 equipos por mes. Se estima que en 14 meses de operación se han recolectado cerca de 70.000 equipos, ya que durante el año 2008 se recibieron más de 54.000 equipos y entre enero y abril del 2009 ya se han recuperado 14.000 más.

Otra campaña masiva se inició en mayo de 2007 entre las empresas Movistar y Nokia con el fin de recolectar celulares usados. A la fecha se han recuperado cerca de 48.000 equipos, además de más de cerca de 400.000 unidades de cargadores, baterías y otros, en cerca de 71 puntos de recolección, los cuales se han enviado a México, a través de la empresa ANOVO, donde se clasifican para reuso o reciclaje; en este último caso se separan sus partes para posteriormente enviarlas a la empresa recicladora Belmont en Chicago, Estados Unidos (se recicla sobre el 80% de los materiales). La empresa ANOVO, que recolecta estos equipos opera desde hace varios años como servicio técnico de celulares, por lo que aquellos equipos que no son recuperables también se envían a empresas de recuperación fuera del país. Otras empresas como Motorota, poseen buzones de recolección en sus servicios técnicos con el mismo fin.

En octubre de 2008 se desarrolló una campaña parcial de recolección del operador Claro, junto a la empresa Recycla en las tiendas Falabella. No se encontró información de otras campañas de este operador.

- Punto Limpio Vitacura

Recibe residuos electrónicos de hogares de la comuna. No recibe equipos desde empresas.

Recolección de equipos computacionales

Chilenter desarrolla campañas a nivel nacional desde el año 2007, en conjunto con Falabella, denominadas "Computador para Todos", cuyo propósito es acercar las nuevas tecnologías de información y comunicación a sectores de la sociedad que se encuentran alejados de ellas. La iniciativa, de alcance nacional, buscaba que los dueños de computadores que han sido dados de baja o que desean cambiarlos por modelos más nuevos, donen equipos que aún estén en condiciones de ser usados. Falabella se encarga de la logística de transporte hasta la Región Metropolitana y Chilenter los retira en la región y transporta hasta sus instalaciones.

Epson desarrolla una campaña de recepción de impresoras usadas en sus dependencias, las cuales posteriormente entrega a la empresa Recycla. Las empresas Olidatta y HP también reciben equipos usados.

Prácticas Inadecuadas Detectadas

Dentro de la evaluación se han detectado una serie de prácticas inadecuadas, que actualmente subsisten a nivel de todo el país, entre las que se pueden mencionar:

- Los usuarios particulares, y también algunas empresas, dejan sus equipos fuera de uso en las calles para su retiro por parte de recolectores o de la basura municipal. Incluso se ha detectado la



presencia de residuos peligrosos en zonas de recolección de residuos no peligrosos (ver fotografía).

- Algunos “recicladores” han aportado a generar vertederos ilegales de residuos electrónicos (caso LAMPA), luego de retirar sólo las piezas de interés.
- La quema al aire libre es una práctica informal muy utilizada aun para la recuperación rápida de metales.

2.4.5 Generación De Indicadores Base Para La Gestión En Chile

Entre los indicadores establecidos se tienen los siguientes:

- **Generación per-capita**

Un índice manejado a nivel de los países de la UE, indica una tasa de generación cercana a 4 Kg/habitante-año. Para el caso de Chile, dicho índice bordearía actualmente los 0,45 Kg/habitante año.

La explicación de este bajo valor radica fundamentalmente en la tasa actual de uso de equipos por habitante en Chile, la cual es cercana a 0,3 computadores por habitante (base año 2008 para un total de computadores en uso de 5,4 millones).

- **Cantidad anual de principales residuos electrónicos generados por tipología (base 2008)**

Tipología de residuo	Toneladas	Miles Unidades
computadores	1.775	316
monitores	4.514	386
impresoras	640	213
celulares	565	5.648
Otros	180	963
Total	7.674	7.526

- **Tasa de recambio por tipo de equipo (primer y segundo uso)**

Desktop: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso).

Laptop: 6 años (4 años primer uso, 2 años segundo uso).

Monitor CRT: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso).

Monitor LCD: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso).

Impresoras: 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso).

Celulares: 2 años.

- **Cantidad de equipos recuperados /reciclados y tasa de recuperación (base año 2008)**

En base a los datos recabados a la fecha se obtuvieron los siguientes resultados:

- Equipos reacondicionados para recuperación (recuperación social y reacondicionados): 25.000 unidades de computador y de monitor: equivalentes a cerca de 400 toneladas/año (5,4% en peso).

- Residuos electrónicos reciclados: aproximadamente 251.000 unidades (819 toneladas/año o 10.6% en peso).
- Celulares recuperados a exportación, sin desmantelar: 140.000 unidades o 14 toneladas/año (0,2% en peso).
- Catridge de tintas reciclados: aproximadamente 50%.
- Cantidad residuos electrónicos total a disposición final (relleno de seguridad, relleno sanitario, vertederos-legales o ilegales u otros destinos desconocidos) cerca de 84%%, (6.359 ton/año).
- Cantidad de residuos eliminados como residuo peligroso en relleno de seguridad 2,1%,(164,4 ton/año).

Residuos generados y gestionados (año 2008) según estimaciones del diagnóstico

Residuo	Generados (base2008)		Recuperación Social y Reacondicionados		Reciclados		Relleno seguridad (*)	Otros destinos desconocidos	
	Ton	unidades	ton	unidades	ton	unidades	ton	ton	% en peso
computadores	1.775	316.000	150	25.000	266	44.375	55,9	1.303	73,40%
monitores	4.514	386.000	250	25.000	497	49.654	96,8	3.671	81,32%
impresoras	640	213.000			38	12.800	9	593	92,59%
celulares	565	5.648.000	14	140.000	11	112.000	1,5	538	95,27%
Otros	180	963.000			6	32.000	1,2	172	95,78%
total	7.674	7.526.000	414	190.000	819	250.829	164,4	6.277	81,79%

(*) datos SIDREP y estimación declaración en papel

2.4.6 Evaluación De Riesgos E Impactos De Los Residuos Electrónicos

Los desechos electrónicos son motivo de preocupación por su contenido de materiales tóxicos, como plomo, mercurio, cadmio y bifenilos policlorados (PCB), entre otros. Un típico monitor CRT puede contener más de un 6% de su peso en plomo, gran parte del cual se encuentra en el vidrio del monitor. Condensadores, transformadores, cables con aislamiento de PVC, o componentes recubiertos de PVC que fueron fabricados antes de 1977, a menudo contienen cantidades peligrosas de bifenilos policlorados.

Aunque las sustancias tóxicas son de bajo riesgo durante la fase de uso del equipo, pueden hacerse extremadamente peligrosas en su fase final. El plomo de los Tubos de Rayos Catódicos (CRT), el cadmio y los retardantes de fuego bromados en los plásticos y el mercurio en los dispositivos de iluminación de las pantallas planas son algunos de los muchos ejemplos de sustancias tóxicas con potencial de poner en peligro la salud de las personas y del medio ambiente, si no se las maneja adecuadamente. Diversos estudios han documentado que, en los países en desarrollo, quienes llevan a cabo el desmantelamiento de equipos eléctricos y electrónicos son principalmente personas pobres, sin ninguna medida de protección de la salud o seguridad ocupacional⁹⁶.

En un teléfono móvil se puede encontrar⁹⁷:

⁹⁶ Boeni, Silva, OTT: Reciclaje de residuos electrónicos en América latina

⁹⁷ Telefonica 2006

- Trióxido de antimonio o tetrabromobifenol como retardador de llama en placas de circuito impreso.
- Berilio en conectores, en aleaciones con cobre u otros metales (unos 3 mg por equipo).
- Cromo en recubrimientos de partes metálicas, en los que pueden quedar pequeñas cantidades de su forma hexavalente.
- Plomo en aleaciones con estaño, aunque ya ha sido eliminado por muchos fabricantes.
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos en pantallas de cristal líquido.
- PVC en los cables de cargadores y accesorios.
- Pequeñas cantidades de tántalo en algunos equipos.

Algunos elementos específicos que se encuentran en equipos de computación son⁹⁸:

- Antimonio: componente de la soldadura de plomo. Los monitores CRT puede contener antimonio en la pantalla y / o en el cono de vidrio.
- Arsénico: Encontrado en circuitos integrados de computadora y diodos electroluminosos.
- Óxido de bario: es un componente en la placa del cañón de electrones de los CRT que protege de la radiación; parte de esta sustancia puede depositarse en la superficie interior de la pantalla y el cono de vidrio.
- Berilio: se utilizan pequeñas cantidades de berilio en forma de una aleación de cobre-berilio (típicamente 98% de cobre y 2% de berilio) en la tarjeta madre y en conectores.
- Cadmio: Existe una pequeña cantidad de cadmio en los contactos y switches, resistencias de chips, sensores infrarrojos, algunas baterías y semiconductores y en los tubos de rayos catódicos antiguos (de más de 20 años). Una pequeña cantidad de cadmio se utiliza como estabilizador en aislaciones de PVC para alambres. Las computadoras portátiles a menudo contienen una batería recargable de níquel-cadmio (Ni-Cd). Los compuestos de cadmio están clasificados como tóxicos y presentan efectos irreversibles en humanos. El cadmio y sus compuestos se bioacumulan en los organismos especialmente en los riñones e hígado causando disfunción de estos órganos, también causa fragilidad en los huesos y afecta los procesos de reproducción de algunas especies de aves. El cadmio es absorbido por respiración o por ingestión en alimentos.
- Cloro y / o bromo: los retardantes de llama halogenados (brominados) y los retardantes de llama inorgánicos (por ejemplo, cloruro de antimonio) pueden estar presentes en el plástico de la carcasa del equipo y en placas de circuitos impresos. También existe cloro en algunos aislantes de PVC para cables y alambres.
- Plomo: Existe una gran cantidad de plomo en la CRT como protector de radiación, (con una media aproximada de dos a tres kg en los modelos más antiguos, y 1 kg en los nuevos modelos), encapsulado en el cristal. Existe además una cantidad mucho menor en las soldaduras de placas de circuitos impresos. Las Impresoras y otros dispositivos periféricos también contienen una pequeña cantidad de plomo en las soldaduras. Algunos portátiles (laptop) antiguos también utilizaban baterías selladas de plomo-ácido. Los efectos del plomo son bien conocidos, estos causan daño del sistema nervioso central y periférico, del sistema sanguíneo y de los riñones. Se han observado también efectos en el sistema endocrino con serios efectos negativos en el desarrollo cerebral de fetos y de niños. El plomo se acumula en el ambiente y tiene efectos agudos y crónicos en plantas, animales y microorganismos. La principal preocupación es la contaminación de los mantos acuíferos por parte de lixiviados si estos residuos se depositaran en rellenos sanitarios o vertederos.
- Litio: puede estar presente en pequeñas baterías en la tarjeta madre.

⁹⁸ OECD, 2003, ACEPESA 2003

- Mercurio: El mercurio se usa en interruptores (switches) y tarjetas impresas, en termostatos, en sensores de posición y en lámparas de descarga. En las grandes pantallas planas, puede existir una pequeña cantidad de mercurio en los dispositivos de iluminación. El mercurio inorgánico se incorpora al agua y se convierte en metilmercurio el cual es fácilmente acumulado en organismos vivos en los tejidos grasos y se concentra a través de la cadena alimenticia, especialmente en los peces. El metilmercurio causa daño crónico en el cerebro y riñones.
- Fósforo: en el interior de las pantallas CRT se utiliza un recubrimiento de fósforo, así como de sulfuro de zinc y metales preciosos, para convertir la energía cinética del haz de electrones en luz. Sin embargo, el sulfuro de cadmio también se ha utilizado también con el mismo fin en CRT más antiguos.

Otro elemento común son los Plásticos (PVC), principalmente en cubiertas, cables, conectores y placas de circuito impresas. El PVC es un plástico difícil de reciclar que además contamina otros plásticos en el proceso de reciclado. Pero el aspecto más negativo es que su producción e incineración genera dioxinas y furanos. Actualmente su uso en carcasas se ha limitado bastante, sustituyéndose por otros plásticos como el ABS.

Las sustancias peligrosas se encuentran en su mayoría concentradas en un número reducido de componentes:

- Más del 90% del cadmio en las pilas recargables.
- Más del 90% del plomo en baterías y en pequeñas cantidades en soldaduras.
- Más del 80% del óxido de plomo en los tubos de rayos catódicos y el resto en lámparas.
- Más del 90% del mercurio en pilas y sensores, y una pequeña parte en relés y dispositivos de iluminación de pantallas planas.
- Más de 200 sustancias pueden formar parte de los cristales líquidos, muchas de ellas problemáticas.

Los teléfonos móviles, computadores y otros productos electrónicos pueden contener hasta un 30 por ciento de compuestos ignífugos a base de bromo en el plástico utilizado (BFR, "brominated flame retardants"). Debido a que los plásticos son materiales altamente inflamables, el calentamiento característico de los equipos electrónicos requiere utilizar aditivos para reducir la inflamabilidad. Tienen varias aplicaciones principales: en tarjetas de circuitos impresos, en conectores, en cubiertas plásticas (estructuras externas) y en cables⁹⁹.

Uno de los BFR más comunes son los difenil éteres polibrominados (PBDE), los cuales interfieren con las glándulas endocrinas. Se conocen efectos neurotóxicos en animales incluyendo humanos, especialmente en las etapas de desarrollo, por lo que se ha concluido que la toxicidad de los PBDE es similar a algunos pesticidas policlorados que se encuentran en las listas de las convenciones internacionales de contaminantes orgánicos persistentes (Convención de Estocolmo). Los bifenilos polibromados (PBB) también son carcinogénicos.

Los PBB corresponden a un grupo de hidrocarburos bromados que se forman por sustitución del hidrógeno por bromo en un bifenilo. En el Convenio de Basilea, los PBB se clasifican como peligrosos en el anexo VIII sin más especificaciones. La Directiva 2002/96/CE de la CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos exige que se extraigan los retardantes de llama bromados de todos los residuos electrónicos recogidos por medios selectivos antes de su tratamiento. La Directiva 2002/95/CE del CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos establece en su artículo 4 que los aparatos eléctricos y electrónicos no pueden contener bifenilos polibromados a partir de julio de 2006 y se tolerará sólo una concentración máxima de 0,1% en peso del material.

Estos compuestos polibromados son insolubles en agua, pero sus solubilidad aumenta 200 veces en lixiviados de rellenos sanitarios. Por lo que ambientalmente constituyen un peligro de

⁹⁹ ACEPESA 2003

contaminación de mantos acuíferos y océanos. Adicionalmente se conoce que aunque no son absorbidos, ni degradados por plantas, y se concentran mediante la cadena alimenticia en los animales¹⁰⁰.

Algunos compuestos orgánicos de fósforo, disponibles como sustancias con o sin halógenos, podrían servir como alternativas para su uso en productos plásticos. Entre los compuestos orgánicos de fósforo no halogenados que pueden utilizarse como retardantes de llama alternativos para el poliestireno alto impacto (HIPS) y el plástico policarbonado (PC) se incluyen sustancias de uso común tales como el fosfato de trifenilo (TPP), el fosfato de tricresilo (TCP), el resorcinol bis(difenilfosfato) (RDP) y el ácido fosfónico (2-((hidroximetilo carbamilo)etilo)-dimetilo) los cuales presentan menor toxicidad que los PBB⁸⁸. No obstante, la solución pareciera orientarse a la eliminación total de este tipo de compuestos, como está ocurriendo hoy en día con muchos nuevos modelos de equipos electrónicos.

La siguiente tabla analiza algunas de estas sustancias, respecto a sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Tabla 2.29 Efectos de algunos metales presentes en la salud y el medioambiente

<i>Material</i>	<i>Daños Potenciales Salud Humana</i>	<i>Daños Potenciales Medio Ambiente</i>
Bario (Ba)	Edema cerebral, debilidad muscular, aumento de la presión sanguínea y daño hepático.	El Bario permanece en la superficie del suelo o en los sedimentos de agua. Si organismos acuáticos lo absorben éste puede acumularse en sus cuerpos.
Berilio (Be)	Las sales del Berilio son tóxicas y la exposición prolongada podría generar cáncer. La Beriliosis ataca los pulmones.	Algunos compuestos de Berilio se disuelven en el agua, pero la mayoría se adhiere al suelo.
Cadmio (Ca)	Daños irreversibles en los riñones y en los huesos.	Bioacumulativo, persistente y tóxico para el medio ambiente.
Cromo (VI)	Reacciones, bronquitis asmáticas y alteraciones en el ADN.	Las células lo absorben muy fácilmente. Tiene efectos tóxicos.
Materiales ignífugos bromados (o retardantes)	Cancerígenos y neurotóxicos. También pueden interferir con la función reproductora.	En los vertederos son solubles, en cierta medida volátiles, bioacumulativos y persistentes. Al incinerarlos se generan dioxinas y furanos.
Mercurio (Hg)	Posibles daños cerebrales y tiene impactos acumulativos.	Disuelto en el agua, se va acumulando en los organismos vivos.
Niquel (Ni)	Puede afectar a los sistemas endocrinos, inmunológicos y respiratorios.	Puede dañar los microorganismos si éstos exceden la cantidad tolerable.
Plomo (Pb)	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular, también en los riñones.	Acumulación en el ecosistema. Efectos tóxicos en la flora, la fauna y los microorganismos.

Fuente: Recycla – casa de la Paz 2007

¹⁰⁰ UNEP, 2007

En resumen, los componentes peligrosos de los residuos electrónicos son fundamentalmente metales, los cuales pueden producir los siguientes efectos perjudiciales en el medio ambiente:

- Contaminación de suelos y aguas subterráneas a través de lixiviados.
- Contaminación de las aguas superficiales a través de escorrentía.
- Contaminación del aire por arrastre por el viento.
- Envenenamiento por contacto directo.
- Envenenamiento a través de la cadena alimenticia.

2.4.7 Diagnóstico De Alternativas De Recuperación, Reciclaje Y Eliminación Actualmente En Uso

2.4.7.1 Recuperación Y Reciclaje

Las condiciones actuales de recuperación de equipos electrónicos en Chile se describieron en detalle dentro del punto 2.4.4.4.

El reciclaje a nivel nacional se realiza tanto formal como informalmente, considerándose como reciclaje fundamentalmente las operaciones de desensamble, recuperación de algunos metales (hierro, aluminio, entre otros) para el mercado nacional, o la exportación de piezas a empresas de refinación. La definición de formalidad se refiere, al igual que en el estudio de Steubing (2007), al grado de legalidad de las actividades de una empresa, basado en los permisos ambientales y sanitarios con que cuenta.

Las actividades formales de reciclaje de residuos electrónicos se encuentran hoy en aumento. No obstante, la cantidad de estos recicladores aún es pequeña y todos ellos estarían ubicados en Santiago. Los precios del servicio oscilan entre 200 a 300 mil pesos por tonelada (10 a 15 UF).

Hasta ahora, las empresas recicladoras operan básicamente según un modelo empresa a empresa (B2B, o *business to business model*), en razón de que la industria tiene los medios para pagar por un reciclaje adecuado. La mayoría de los clientes son grandes compañías en Chile.

Los principales incentivos para que la industria envíe sus equipos a reciclaje son la responsabilidad ambiental y la imagen de la empresa. Los balances contables y los beneficios tributarios parecen ser otra motivación. Los computadores domésticos aún no se reciclan en la industria formal de reciclaje de residuos electrónicos, salvo aquellos recuperados en puntos de recepción municipales, como es el caso del punto Limpio de Vitacura.

En Chile, las actividades de reciclaje son de tipo manual. El reciclaje consiste en la recolección en origen, clasificación y separación de los materiales, para luego ser vendidos o exportados por partes, recuperándose finalmente una cantidad no despreciable de metales, así como también plásticos, hierro, y elementos eléctricos que se encuentren en buen estado (condensadores, resistencias, etc.).

El proceso considera las siguientes etapas:

Recolección y transporte

Por lo general, las empresas retiran los residuos electrónicos desde el lugar donde son generados.

Desmantelamiento y clasificación

Al ingresar a la planta de reciclaje, los equipos primero son clasificados y almacenados temporalmente para luego ser desmantelados manualmente con el fin de separar y recuperar diferentes materiales, los que luego son clasificados básicamente en reciclables, residuos peligrosos a enviar a disposición autorizada, y residuos no peligrosos. Los materiales que se recuperan son plásticos, metales (sustancias ferrosas, zinc, aluminio, cobre) y tarjetas de circuito impresas (por su contenido de metales preciosos). Los materiales separados se almacenan por un corto periodo para su posterior destinación.

Comercialización de materiales

Los materiales aptos para reutilización o nuevo reciclaje (por ejemplo, fundición de metales) se comercializan directamente con empresas que los utilizan o a través de intermediarios. Se reciclan principalmente plásticos y metales, aunque algunos materiales también se comercializan internacionalmente (hacia Europa, Norteamérica o Asia). Las tarjetas de circuito impresas (TCI) se comercializan en Europa o Asia. Los materiales más importantes desde el punto de vista económico son los metales enviados a fundición y las TCI.

Tratamiento final de materiales peligrosos

Los materiales que no son reciclados se clasifican en residuos peligrosos y no peligrosos. Los residuos peligrosos, como los tubos de rayos catódicos de los monitores CRT, pilas y baterías, se envían a empresas de disposición final (rellenos de seguridad).

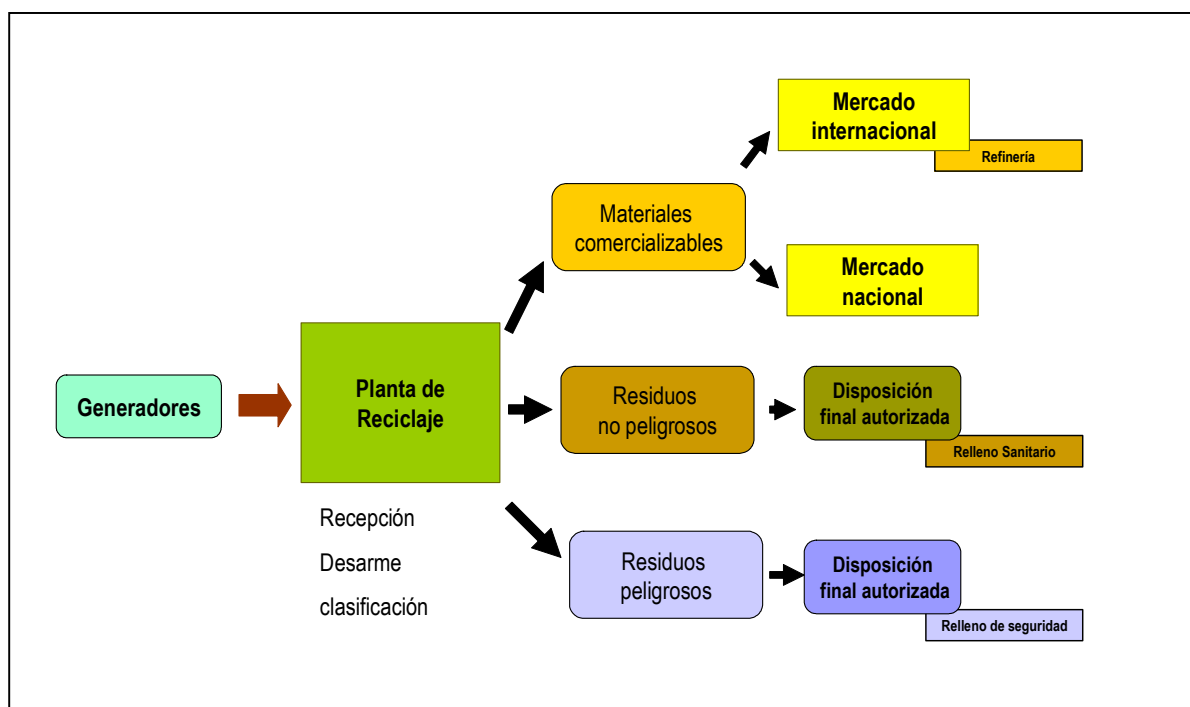


Figura 2.19 proceso de reciclaje formal en Chile (fuente elaboración propia basada en diagramas de Degraf y Recycla)

Actualmente existen varias empresas operando en la RM que se dedican al reciclaje de residuos electrónicos, varias de ellas están recién en proceso de obtener los permisos respectivos, otras empresas actúan básicamente como recuperadores, realizando solo actividades de acopio (sin desensamblaje) para posteriormente exportar los residuos.

Entre las empresas que realizan todas las operaciones de clasificación, desmantelamiento de equipos y almacenamiento, típicas de una planta de reciclaje, y que cuentan con autorizaciones específicas (o en proceso) como destinatarios se encuentran:

RECYCLA: En el año 2005 inauguran la primera planta de reciclaje, ubicada en Pudahuel, en la cual realizan todas las tareas de recuperación del material. Anualmente reciben alrededor de 600 toneladas, de las cuales un 10% corresponde a computadoras desechadas. La fracción de residuos peligrosos se envía a Hydronor para su disposición final. Actualmente tiene una DIA en proceso de calificación para la actualización del proceso de reciclaje.

Entre los materiales que recibe se encuentran:

- Metales no ferrosos: Cobre, aluminio, acero inoxidable y bronce.
- Residuos electrónicos: Celulares, notebook, computadoras, monitores, juegos de video, automotriz, electrodomésticos, afeitadoras, radios, mini-componentes.

COMEC (Comercial Cerrillos): Es una de las empresas mas grandes de Chile en lo que a residuos sólidos industriales se refiere, a pesar de que su negocio principal y mayoritario corresponde al reciclaje de metales, aun así recibe algunos elementos electrónicos en desuso, siempre y cuando estos no contengan residuos peligrosos (ejemplo: CRT).

DEGRAF: Nace el año 1998, originalmente como planta de reciclaje de residuos gráficos y fotográficos, luego se amplía hacia los residuos electrónicos. En su nueva planta recibe celulares, computadoras, notebooks, monitores, impresoras, baterías, etc., recuperando plásticos, hierro, acero y metales preciosos. Los residuos peligrosos son separados y enviados a hidronor para su disposición final. Un servicio adicional es la destrucción de activos estratégicos, en el cual se trituran elementos como discos duros, Cds u otros. Cuenta con certificación ISO 9001-2000 para la prestación del Servicio de Transporte y Reciclaje de Residuos Industriales¹⁰¹.

Una empresa que operó hasta hace un tiempo atrás fue Carrascal, sus instalaciones se ubicaban en un terreno de 5.000 m³, sin ningún tipo de impermeabilización la cual no cobraba por el servicio sino que compraba los residuos (capacidad 80 ton/año). No obstante se le calificó como informal por no contar con los permisos necesarios.

Actualmente existen tres empresas que se encuentran en las etapas iniciales de obtención de las autorizaciones sanitarias necesarias: Chile Recicla, Reciclex y Codec.

2.4.7.2 Disposición En Rellenos De Seguridad

A la fecha, se han identificado tres instalaciones que podrían recibir componentes peligrosos de los residuos electrónicos.

- Hidronor

La firma posee el primer centro integral de tratamiento de residuos peligrosos en el país y un depósito de seguridad para los mismos.

- Copiulemu (Concepción).

- Hera Ecobio (Chillán).

2.4.7.3 Disposición En Rellenos Sanitarios Y Vertederos Autorizados

Actualmente y dada la falta de sistemas de gestión apropiados un porcentaje importante de residuos electrónicos se estaría destinando a rellenos sanitarios o vertederos autorizados a través de todo el país, a través de los sistemas de recolección municipal, quienes no realizan separaciones previas.

2.4.7.4 Disposición En Vertederos Ilegales De Residuos Sólidos, VIRS Y Microbasurales

Corresponde a una disposición muy frecuente. Se tiene referencia de presencia de una gran variedad de residuos en vertederos ilegales y microbasurales a lo largo de todo el país. No obstante se debe precisar que los volúmenes podrían ser muy variables, pues normalmente se encuentran junto a otros residuos de tipo doméstico, industrial y escombros de construcción. Solo por dar un ejemplo, en la RM se encuentran identificados actualmente alrededor de 60

¹⁰¹ información personal DEGRAF.

VIRS.

2.5 DIAGNOSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE RECICLAJE Y ELIMINACIÓN A NIVEL MUNDIAL

La tendencia actual en la gestión de los residuos electrónicos es el aprovechamiento y valorización de gran parte de sus materiales constituyentes, considerando con ello la transformación y recuperación de los recursos contenidos en los residuos, o el valor energético (poder calorífico) de los materiales que los componen. No obstante existe una fracción que va a disposición final por no tener aún hoy en día un destino de recuperación.

En general, después de que se han separado los elementos con sustancias potencialmente contaminantes, presentes en un aparato electrónico, los demás componentes se pueden destinar a procesos de reciclaje y recuperación, de donde se obtienen tres grandes grupos de materiales: vidrio, plástico y metales.

Según los datos del BIR, Bureau of International Recycling¹⁰² el uso de materiales secundarios supone un importante ahorro de energía cuando se compara con la producción primaria. También la producción de materiales secundarios es menos contaminante que la de materiales primarios. Por ejemplo, producir acero reciclado representa un 86% menos de emisiones al aire.

Tabla 2.30 Ahorro energético en la producción de materiales secundarios

Material	Ahorro energético relativo
Aluminio reciclado	95%
Plomo reciclado	65%
Plásticos reciclados	80%
Acero reciclado	74%
Cobre reciclado	85%

2.5.1 Recuperación Y Reciclado De Metales

El principal interés es la recuperación de los metales que se presentan en mayor cantidad (cobre, aluminio, acero) y de los metales de mayor valor (oro, paladio, platino y plata). El procesamiento para la recuperación de metales puede comenzar en trituradoras de desechos electrónicos especializadas para reducir a piezas más pequeñas, de unos 2 cm de tamaño, que pueden introducirse más fácilmente en un horno.

Posteriormente, el aprovechamiento y valorización de componentes, materiales y subproductos procedentes del reciclaje de estos residuos puede lograrse a través de procesos de fundición y refinación térmica o química o la incineración controlada:

- Fundición: se refiere a la fundición y el reciclaje común de metales ferrosos.
- Refinación térmica y química: se refiere a la recuperación de los metales nobles, no ferrosos, contenidos en las tarjetas de circuito impreso y en otros componentes eléctricos, a través de procesos térmicos o químicos.
- Incineración: los materiales sin valor, no aprovechables o sin contenido peligroso, pueden ser incinerados en procesos con altos estándares técnicos que permitan la recuperación del valor energético y eviten la contaminación por emisiones atmosféricas a través de sistemas de control apropiados.

Las etapas del reciclaje son las siguientes:

Triturado y molienda

¹⁰² www.bir.org

La primera etapa corresponde a una operación de trituración y molienda. La base de esta operación consiste en la reducción de tamaño mediante la aplicación de diversos tipos de fuerzas. De acuerdo a esto existen numerosas unidades de trituración, teniendo cada equipo características idóneas para aplicaciones específicas. En el mercado existe una amplia variedad de fabricantes, sistemas de trituración y molienda según el tipo de material a tratar y las necesidades de reducción de tamaño. Pueden adaptarse diversas configuraciones:

- Trituradora de rodillos: Consiste en una tolva con una placa de rompimiento removible opuesta a uno o más rodillos de trituración. El tamaño del producto depende de la distancia entre rodillos.
- Molino de cuchillas: El equipo consta de un rotor con cuchillas uniformemente espaciadas sobre la periferia. El producto se hace pasar por las cribas y el tamaño máximo se controla mediante la abertura de luz de la criba.
- Molino de martillos: El material que entra en el molino es golpeado por un conjunto de martillos girando a baja velocidad. Estos martillos lanzan el material con el interior del molino, donde se encuentran una serie de placas de impacto, contra las cuales el material se rompe por segunda vez.

Luego de la reducción de tamaño es necesario separar los distintos componentes, para ello se utilizan los siguientes sistemas de separación:¹⁰³

- Tamizado: separa una mezcla de materiales en dos o más fracciones con diferentes tamaños de partícula por medio de una superficie tamiz que actúa como medidor múltiple de aceptación y rechazo.
- Mesas densimétricas: se aplican a la separación de mezclas de materiales mediante la aplicación de una corriente de aire ascendente y por efecto de la vibración del medio transportador. Consiste en una parrilla porosa vibratoria a través de la cual se sopla aire.
- Separadores por densidad o flotación: son normalmente utilizados para separar los materiales metálicos de los no metálicos (por ejemplo plásticos), debido a su diferencia de densidad, utilizando para ello un flujo de agua.
- Separadores magnéticos: Este equipo es muy utilizado en la industria recicladora y su función es separar metales magnéticos de corrientes de materiales que se transportan sobre bandas. Existen diferentes configuraciones, como son el overband y el tambor magnético. El separador electromagnético overband está diseñado para extraer y recuperar las piezas ferromagnéticas que se encuentran entre el material que circula por una cinta transportadora. Los separadores de tambor electromagnético de cabeza de cinta normalmente se montan en lugar del tambor de accionamiento o tambor motriz de la cinta transportadora.
- Separadores de corrientes de Foucault o "eddy currents": El elemento separador es un rotor magnético provisto de imanes permanentes de neodimio de alta remanencia. El campo magnético creado de alta frecuencia, induce las corrientes de Foucault en las piezas metálicas conductoras. Éstas, por su parte, crean un campo magnético opuesto al del rotor. El resultado es una fuerza de repulsión de los elementos metálicos, mientras los elementos féreos son atraídos por el campo magnético y el resto de los elementos prosigue su trayectoria natural. Se utiliza para separar aluminio.
- Separadores electrostáticos de corona: La separación electrostática es una tecnología que posibilita la separación de materiales que no puede lograrse utilizando clasificación manual u otros métodos automáticos, y que está encontrando cada vez más aplicación en las operaciones de reciclado. Los materiales que componen las mezclas pueden ser separados de forma automática mediante separadores electrostáticos de corona si los diferentes materiales poseen una conductividad eléctrica distinta. El campo de aplicación preferente de estos separadores es la separación de materiales metálicos (conductores)

¹⁰³ UNEP 2006 (b)

de los no metálicos (no conductores) presentes en mezclas que pueden generarse en el proceso de reciclado de Residuos electrónicos.

- Otras técnicas de separación incluyen UV, IR, rayos X, sistemas láser en combinación con sistemas mecánicos o neumáticos, las que se usan por ejemplo para separar entre baterías Ni/Cd y de otros tipos.
- También existen algunos métodos de separación por frío (nitrógeno líquido), en los cuales se aplica el principio de que el acero, al igual que los polímeros se rompe al enfriar a -70°C o menos, mientras que el cobre y el aluminio aumentan su dureza. La separación de las distintas fracciones se realiza por algún método de los descritos previamente.

Fundición

Este proceso está orientado al reprocesamiento de los metales ferrosos y no ferrosos, por ejemplo tarjetas de circuitos, las cuales pueden ser recicladas mas eficientemente en una fundición, donde los metales preciosos y otros pueden ser recuperados. La fundición puede realizarse en una amplia variedad de hornos (arco eléctrico, rotatorios, de reverbero, entre otros). La forma más común es en procesos de fundición de cobre pero también se usa la fundición de plomo.

Algunas empresas integran fundición de cobre y refinera en flujos que integran varios hornos de fundición y procesos de refinado para cobre, plomo, metales preciosos y otros metales, mientras hacen uso del valor calorífico de las fracciones plásticas contenidas en el residuo.

En el proceso, los metales se funden a alta temperatura y luego, mientras se mantienen líquidos, se separan a través de oxidación y/o reducción. El metal base, típicamente cobre, o plomo, disuelve los metales preciosos (oro, plata y paladio) mientras que otros metales como cadmio y berilio son oxidados en el proceso. Los óxidos metálicos tienen una solubilidad limitada en el metal líquido y son menos densos por lo que flotan en la superficie, formando la escoria primaria o, si tiene una alta presión de vapor a las temperaturas de fundición, son emitidos con los humos o partículas. En ambos casos, la escoria o material particulado es capturado y reprocesado en el horno de fundición, o procesado en otro horno para una posterior recuperación.

El metal base fundido es colocado en moldes y enfriado para formar lingotes delgados, usados posteriormente como ánodos en el siguiente paso de recuperación, la electrorefinación. Alternativamente, el metal puede ser granulado, y los gránulos son posteriormente lixiviados con ácido sulfúrico en una planta de electrowinning.

En la etapa de electrorefinación los ánodos son disueltos en ácido sulfúrico (proceso hidrometalúrgico) y el metal base es simultáneamente electrodepositado en un cátodo. El cátodo resultante, de un nivel de pureza del 99,5% o mayor es equivalente a un metal producido desde fuentes primarias (ver figura 2.20). Esta alta tasa de recuperación contrasta con el valor alcanzado en procesos manuales y muchas veces informales y sin mayor control, donde no supera un 50%.

El baño de ácido sulfúrico puede ser reusado pero debe ser reemplazado eventualmente, El ácido ya usado puede ser reutilizado en otras operaciones metalúrgicas o puede ser neutralizado y limpiado a través de precipitación y sedimentación o filtración, y descargado con altos estándares de pureza. Los metales preciosos que fueron disueltos en el ánodo permanecen en la celda electrolítica como precipitado insoluble (barro), el cual es periódicamente recolectado y procesado para recuperar los metales deseados. Este proceso incluye varios pasos, como un fundido adicional, disolución y precipitación, los que remueven metales específicos, obteniendo productos de alta pureza, equivalentes a productos de fuentes primarias. Estas operaciones

pueden generar emisiones y residuos líquidos, por lo que requieren de sistemas de control apropiados.

La escoria removida del proceso de fundición de cobre típicamente contiene plomo, níquel, algo de cobre y otros metales preciosos, por lo que es alimentada a otro proceso de fundición, generalmente de plomo, donde este último actúa como colector químico para los metales preciosos remanentes y otros como bismuto y antimonio. El plomo fundido es alimentado hacia una refinera de plomo donde se produce plomo y otros metales refinados, incluyendo níquel. La escoria de la fundición de plomo contiene sílica, alumina, otros constituyentes cerámicos, además de óxido de hierro y otros metales oxidados. Usualmente es una escoria vidriosa, químicamente inerte que puede ser reutilizada para construcción.

La escoria también puede ser convertida en polvo desde el cual se puede lixiviar alguna sustancia deseada, por ejemplo cadmio u óxido de berilio, pero este proceso requiere un especial control por las emisiones de polvo generadas y si la escoria no contiene una concentración interesante del metal de interés, puede ser más apropiado su uso como agregado en materiales de construcción (para dichos usos debe ser estable e insoluble a fin de no lixiviar sus constituyentes). Otra alternativa es su disposición en rellenos industriales controlados.

Existe un número relativamente pequeño de fundiciones y refineras a nivel mundial que poseen el equipamiento de manejo especializado y los sistemas de control de emisiones necesarios para una adecuada recuperación y reciclaje de metales desde residuos electrónicos.

Ejemplos de refineras para residuos electrónicos son: Belmont (Chicago, Estados Unidos, en Alianza con SIPI Metal Corp¹⁰⁴), Xstrata (Canadá), Umicore (Bélgica), Ronnskar Boliden (norte de Suecia), Scan Arc Technologies AB (Suecia, en alianza con Arc Metal), Colt Refining Inc. (Estados Unidos), WC Heraeus GMBH (Alemania) y Aurubis (antigua Noddeutsche Affinerie, Alemania).

¹⁰⁴ SIPI – Belmont cuentan con plantas de recepción y desensamblaje previo en Manaos, Bogotá y Guadalajara

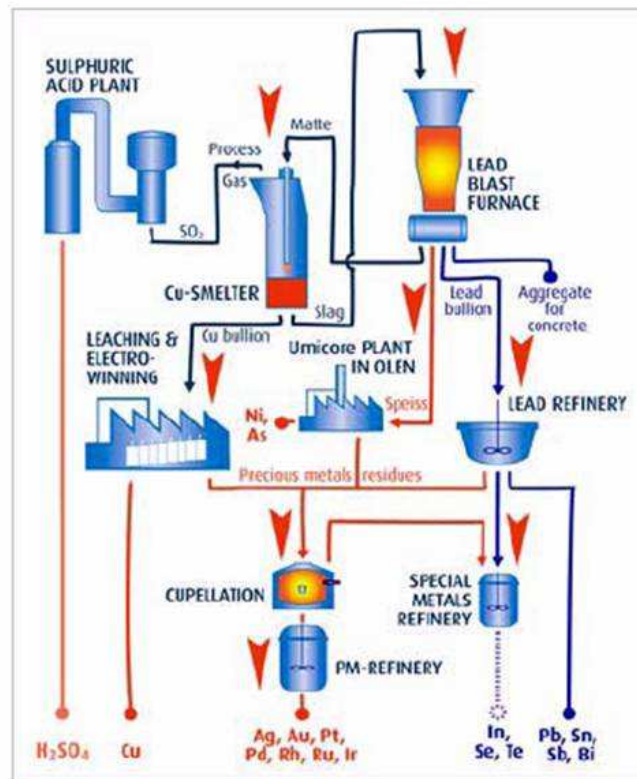


Figura 2.20 Esquema del proceso de fundición y refinación (fuente Umicore)

En Latinoamérica a la fecha no existen refinerías con tecnología de punta que puedan extraer varios metales preciosos de los componentes electrónicos. Sólo se realiza desmantelamiento de forma manual, para posteriormente proceder a la clasificación, valorización y venta de los materiales ya sea como materias primas en los mercados locales o transportados a plantas de refinería en Europa o Norteamérica, para una recuperación más completa y de mayor eficiencia.

2.5.2 Incineración

La incineración es un proceso de disposición final que puede ser aplicado a residuos que posean determinadas características. Debidamente manejada puede servir a diferentes propósitos; destrucción de compuestos acompañada por una drástica reducción de su volumen y peso (a temperaturas sobre 1200°C), generación de energía e incorporación de sustancias inertes a materias primas, por ejemplo al clinker producido en hornos de cemento.

La incineración tiene como objetivo principal asegurar la disposición o la transformación del material en una forma inerte. Sin embargo, también se puede dirigir a utilizar el poder calorífico contenido en los materiales para recuperar energía, lo cual constituye un nivel más alto en la jerarquía de la gestión de desechos y establece una mejor opción ante sólo su vertido, puesto que proporciona oportunidades para el suministro de energía no fósil.

Los tres factores que afectan la incineración son las denominadas Tres T: Temperatura, Tiempo y Turbulencia, a lo cual se debe agregar un exceso de Oxígeno para llevar a cabo la combustión. Por lo expuesto, todo proceso de incineración deberá asegurar altas temperaturas, tiempo de residencia suficiente en el incinerador, adecuada turbulencia y exceso de Oxígeno.

Los hornos incineradores cuentan con tres cámaras, primaria de descomposición de los residuos en un ambiente con nivel de oxígeno subestequiométrico, de aproximadamente el 80 % del

necesario para un proceso de combustión, secundaria de combustión de gases con exceso de oxígeno y terciaria de acumulación y retiro de cenizas, el que se produce en forma continua sin necesidad de parar el proceso de carga de residuos a los equipos. El sistema de carga de residuos sólidos y semisólidos depende de cada modelo y fabricante, pero en todos los casos la carga de residuos y la descarga de cenizas se puede realizar en forma continua sin alterar las condiciones óptimas de temperatura.

Esta estrategia puede presentar problemas al medio ambiente cuando se carece de medidas de control adecuadas. Comparado con otros residuos, el equipo electrónico y eléctrico contiene concentraciones más altas de bromo, de plomo y de otros metales. Y por ende, su incineración sin ningún control generará dispersión de sustancias tóxicas y peligrosas. El incinerador u otra unidad de combustión (con o sin la recuperación de energía) deben contar con sistemas de control adecuados para reducir al mínimo la formación de furanos y de dioxinas, además de estar equipados con sistemas avanzados para el tratamiento y limpieza posterior de las emisiones atmosféricas (gases y partículas). Las cenizas de la combustión, así como los materiales peligrosos que no pueden ser reciclados, se deben disponer en un relleno de seguridad.

Los ejemplos más conocidos son las emisiones de mercurio y las de dioxinas y furanos cuando los plásticos que contienen halógenos se incineran (el bromo y la clorina son los halógenos más comunes incorporados en el plástico), lo mismo ocurre con los monitores de tubos catódicos y las tarjetas de circuitos impresos. Cuando los Residuos electrónicos se incineran sin separación, la mayor parte del plomo que contienen se transfiere a la fracción de la escoria (ceniza inferior). Esta fracción debe entonces ser manejada de manera adecuada. Actualmente en varios países está prohibida la incineración de los residuos electrónicos

Antes de instalarse las primeras plantas de reciclaje de residuos electrónicos, en muchos países se incineraban aparatos electrónicos completos, perdiendo de esa manera valiosos materiales y recursos. Gran parte de los recursos ferrosos y no ferrosos que no fueron alterados por el proceso de incineración, se depositaron junto a las cenizas y polvos de filtros.

2.5.3 Disposición Final

Por lo general siempre queda una fracción no aprovechable de residuos electrónicos. Las cantidades a disponer dependen del sistema de gestión, las políticas del país y los estándares técnicos de los diferentes procesos.

Disposición En Relleno Sanitario

Los residuos electrónicos, contribuyen, en general, a la aparición de efectos negativos ambientales en los rellenos sanitarios comunes, dada la cantidad de metales pesados y sustancias halogenadas que lixivian y evaporan. Adicionalmente la variedad de sustancias contenidas en los mismos ejerce efectos sinérgicos, aumentando potencialmente y magnificando sus efectos negativos. Por ende no se recomienda la disposición final de equipos eléctricos y electrónicos en rellenos sanitarios, no solamente por los efectos negativos causados, sino también la pérdida de recursos secundarios valiosos.

La naturaleza ácida de la composición del relleno sanitario puede generar la lixiviación del plomo presente en las CRT y soldaduras, y de otras sustancias peligrosas como el mercurio. El plástico, presente en cables y otros componentes también podría lixiviar los retardantes de llama bromados y ftalatos.

Relleno De Seguridad

Por lo anteriormente indicado, si se requiere la disposición de las fracciones sobrantes de los procesos de reciclaje o incineración, ésta debe realizarse en rellenos de seguridad. Igualmente,

otros componentes con presencia de sustancias peligrosas que no cuenten con procesos de descontaminación y aprovechamiento adecuados, deben ser depositados en rellenos sanitarios de seguridad.

Los termoplásticos molidos o granulados, también deben ser depositados en rellenos de seguridad, si no son reciclados.

En los rellenos de seguridad el residuo se somete a procesos de estabilización, en el cual se agregan aditivos para reducir la naturaleza peligrosa del desecho, y evitar la migración de un contaminante en el ambiente o para reducir su nivel de toxicidad. Por lo anterior, la estabilización puede ser descrita como un proceso por el cual los contaminantes se confinan total o parcialmente por la adición de un medio de soporte, ligante u otro agente alternándose la naturaleza física del desecho, por ejemplo su compresibilidad o permeabilidad¹⁰⁵.

La estabilización se efectúa por el agregado de reactivos de modo tal que¹⁰⁶:

- Se mejore la manipulación y las características físicas de los desechos.
- Se disminuya el área superficial a través de la cual puede ocurrir la transferencia o pérdida del contaminante.
- Se limite la solubilidad de cualquiera de los contaminantes presentes en el desecho.
- Se reduzca la toxicidad de los contaminantes.

Dentro de los procesos que involucran a la estabilización y solidificación se tienen:

SOLIDIFICACION DE RESIDUOS:

Para la solidificación de residuos industriales o electrónicos como pilas y baterías, se agrega una cantidad suficiente del material para obtener una masa de material solidificado, por lo que se logra incrementar la resistencia, disminuir la compresibilidad y disminuir la permeabilidad del desecho.

ADSORCION:

Asimismo por medio de adsorción se logra que los contaminantes se unan a agentes estabilizadores dentro de la matriz, logrando que los mismos se liberen. El tratamiento se considera más permanente ya que se necesita una fuerza físico-química adicional para desorber el material de la superficie adsorbente y disminuir la compresibilidad y disminuir la permeabilidad del desecho.

PRECIPITACION:

Ciertos procesos de estabilización precipitan algún contaminante en particular del residuo para obtener una forma más estable de dicho contaminante. Este fenómeno es aplicable a la estabilización de desechos inorgánicos, quedando retenidos dentro de la masa estabilizada como parte de la estructura del material. Por ejemplo precipitados tales como hidróxidos sulfuros silicatos, carbonatos, y fosfatos forman parte de la estructura del material estabilizado.

Los materiales utilizados en los procesos de estabilización y solidificación son los siguientes:

CEMENTO:

La estabilización de residuos especiales emplea frecuentemente cemento como reactivo principal. En el tratamiento de residuos se mezcla el cemento con agua reutilizada de otros procesos de deshidratación o bien proveniente de lixiviados. Este tipo de estabilización se recomienda para residuos especiales que contengan metales pesados, pues el elevado PH del cemento permite

¹⁰⁵ Fernández, 2007

¹⁰⁶ Lagrega et al, 1996

retener los metales bajo la forma de hidróxidos insolubles o carbonatos dentro de la misma estructura endurecida. En el caso de existir contaminantes orgánicos se produce el agregado de arcillas con el objeto de evitar que los mismos interfieran en el mecanismo de hidratación.

MATERIALES PUZOLANICOS:

Este tipo de sustancias pueden reaccionar con cal en presencia de agua para producir un material de características propias del cemento. Dentro de los materiales puzolánicos se encuentran las cenizas, escorias de altos hornos y polvo de hornos de cemento. De la reacción de material aluminio-silíceo, cal y agua resulta la formación de un producto llamado hormigón puzolánico. El uso de materiales puzolánicos para la estabilización de residuos se encuentra indicado tanto para materiales inorgánicos como orgánicos.

2.5.4 Alternativas De Manejo Para Algunos Residuos

Monitores CRT

El principal problema de los monitores CRT es el manejo de la pantalla una vez que se han retirado algunos componentes de interés como el cobre.

Adicionalmente el cañón de electrones del CRT contiene una pequeña placa, denominada getter (o getterpill), de 1 a 2 gramos de peso, incluyendo su sistema de sujeción, la cual contiene compuestos de bario. Esta debe ser retirada y almacenada separadamente y se debe evitar su contacto con agua o aire húmedo, debido a que el bario reacciona con el agua y además es altamente soluble. Actualmente las alternativas de manejo de los getters es su disposición en rellenos de seguridad previo tratamiento o su incineración en instalaciones autorizadas con sistemas apropiados de control y limpieza de gases.

Para los tubos de rayos catódicos, se han desarrollado algunos procesos, entre los que se encuentran¹⁰⁷:

- Reciclaje del vidrio en la fabricación de nuevos tubos de rayos catódicos (glass to glass), presenta barreras técnicas como la variación del contenido de plomo y compuestos de plomo en las diferentes partes del tubo catódico, según se observa en la tabla 2.31. Además, la demanda está disminuyendo por el reemplazo a pantallas LCD.
- Reciclado en otros vidrios o cerámicas, esta alternativa muestra resultados prometedores en la fabricación de cerámicas y materiales industriales.
- El reciclaje de TRC completos en fundiciones de plomo no es recomendable, a menos que se cuente con sistemas de control adecuados como ocurre en las grandes refinerías (ya que genera emisiones de plomo en el aire, estimado en 0.06% del plomo procesado). En este caso el vidrio actúa como fuente adicional de silicato para el proceso (y también lo podría ser en procesos de fundición de cobre).
- Otra alternativa es el uso del vidrio en ladrillos, hormigón y cerámicos u otros productos estructurales. Sólo si el vidrio está libre de plomo, se puede mezclar con materiales de construcción, como asfalto o cemento, principalmente para uso en construcción de caminos.

Se debe considerar que los CRT mas antiguos pueden contener de 2 a 3 Kg de plomo encapsulado en el vidrio, en tanto los equipos mas modernos no contienen más de 1 Kg.

¹⁰⁷ ACEPESA, 2003

Tabla 2.31 Contenido de óxido de plomo en los componentes de los tubos de rayos catódicos (TRC)

Vidrio	2003	
	TRC a color%masa	TRC monocromático
Panel	0-3	0-3
Embudo	24	4%
Cuello	30	30%
Sello de vidrio fritado	70	N/A

Fuente: Townsend, T. et al, 2000

Existe actualmente una importante cantidad de empresas que están realizando procesos de reciclaje de vidrio desde CRT, entre las cuales se pueden mencionar, como ejemplos:

- CRT Finland Oy Proventia (Finlandia)
- IMMARK (Suiza)
- CRT Heaven Ltd. (Reino Unido)
- Nulifeglass (Reino Unido)¹⁰⁸
- CRT Recycling (Australia)
- HMR (Estados Unidos)

Las variantes del proceso se encuentran fundamentalmente en el proceso de corte del tubo de rayos catódicos, una vez que se han removido todas las piezas de metal y otros elementos de la pantalla CRT. El proceso tradicional tritura el tubo completo en un sistema cerrado y luego se envía el material a instalaciones de fundición. Actualmente se utilizan un proceso que primero separa las partes del CRT.

La empresa Proventia utiliza un sistema de láser con dióxido de carbono para cortar el sello entre el vidrio del panel frontal del resto del tubo (embudo y cuello) donde se encuentra contenido el plomo (ver figura 2.21), permitiendo separar las partes de vidrio de acuerdo a su concentración de plomo.

El panel frontal está libre de plomo por lo que se debe cuidar de no contaminarlo al momento de separar las partes. Este panel posee una cubierta de fósforo, la cual es removida por succión a vacío y enviada a una unidad de filtración. Esta cubierta puede presentar riesgos de inhalación si se maneja en estado seco, por lo que a menudo se utilizan procesos en húmedo para su remoción. El fósforo generalmente no se recupera y finalmente requiere de tratamientos térmicos para su destrucción o estabilización, antes de su disposición segura; los residuos generados durante este proceso (restos finos de vidrio y filtros) pueden ser también enviados a una fundición de plomo.

Una vez separadas las partes, cada una es triturada, obteniéndose dos materiales para reuso: vidrio del panel frontal libre de plomo que puede ser reutilizado directamente y vidrio con plomo, el cual es enviado a convertidores electrolíticos donde es posible obtener vidrio y plomo por separado para reuso posterior, o bien a empresas que lo reutilizan en nuevas pantallas CRT.

¹⁰⁸ <http://www.nulifeglass.com/uk-crt-tv-television-computer-screen-recycling-process>

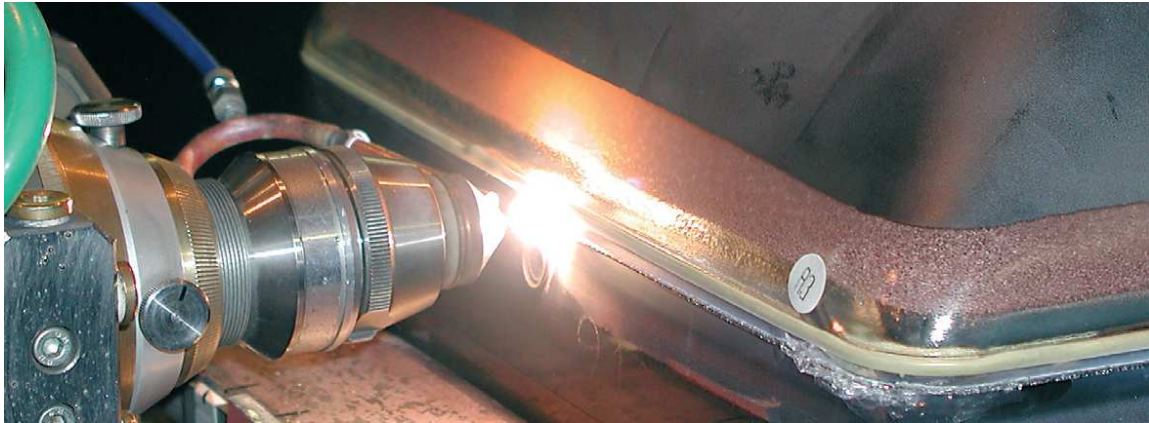


Figura 2.21 Corte del tubo de rayos catódicos con sistema laser (fuente: www.proventia.fi)



Figura 2.22 trituración del tubo de rayos catódicos (fuente: HRM Sacramento)

En España, durante el año 2007 se comenzó a desarrollar un proyecto denominado Eco-TV¹⁰⁹, orientado a definir estrategias para reciclar tubos de rayos catódicos, entre las cuales se consideran: uso como aditivo en productos cerámicos, fabricación de materiales aislantes (Foam-glass) de ruido, térmico, y resistencia al fuego entre otros, aditivo en materiales poliméricos en base a resinas (piedra artificial), árido o filler para hormigón.

¹⁰⁹ www.aidico.es/cms/site_0044/descargas/Presentacion_ECOFira_Proyecto_CRTs.pdf



Figura 2.23 esquema fabricación foam glass (fuente Eco TV 2007)

Pilas y baterías

La recolección y el almacenamiento deben ser efectuados en **contenedores ácido-resistentes**. Si las pilas y baterías no son retiradas de los equipos recolectadas y tratadas por separado los contaminantes posiblemente se liberen y contaminen el medio ambiente.

Algunas baterías contienen electrolitos dentro de la carcasa plástica. No existe aun un mercado para el electrolito reciclado (que no puede recuperarse como electrolito puro), pero para la carcasa plástica existen algunos avances, por ejemplo su valorización interna a través de pirolisis para la combustión de los materiales basados en carbono. Dependiendo de las condiciones de la instalación de reciclaje, el plástico puede utilizarse parcial o totalmente como un reemplazo del combustible normal, con los debidos controles para las emisiones.

Dependiendo del tipo de batería, se establecen las siguientes alternativas de manejo¹¹⁰

- Las pilas y baterías de litio metálico comunes no se deben abrir, ya que aquellas que no están totalmente descargadas pueden reaccionar en condiciones de exposición a oxígeno y humedad, generando calor y, eventualmente gas hidrógeno. Deben ser manejadas separadas unas de otras para evitar descargas eléctricas descontroladas si aún existe carga residual en ellas. Las baterías de ion litio no presentan los problemas de riesgo de reacción asociados a las baterías de Li metálico debido a que el metal se encuentra en una forma estable, como hidróxido de litio, pero se debe tener cuidado en los procesos de manejo, ya que el hidróxido de litio es corrosivo.
- Los acumuladores de ácido-plomo puede ser transferidos a la industria metalúrgica de plomo.
- Las baterías de níquel-cadmio se pueden tratar por procedimientos térmicos. En Europa existen tratamientos de recuperación.
- La concentración de las sustancias en pilas de óxido de mercurio-zinc y pilas de óxido de plata-zinc es suficiente alta para posibilitar la recuperación de mercurio y plata por procesos térmicos. Una condición para eso es su recolección por separado.

¹¹⁰ OECD, 2001

- De ser posible, todos los demás tipos de pilas de óxido de mercurio-zinc deben ser recolectados por separado. En el mercado existen tratamientos mecánicos para su recuperación que se efectúa por destilación del mercurio.

Reciclaje de baterías segregadas por tipo ¹¹¹

El reciclaje de baterías por tipo requiere una primera segregación por tipo (Li-ion, NiMh and NiCd). Las alternativas de procesamiento incluyen:

- **Semi-pirolisis con desensamblaje previo:**

Requiere el retiro previa del a fracción plástica y metálica externa que puede ser enviada a valorización. El material remanente es calentado en un horno especial donde el electrolito u otro material "pirolisable" es eliminado. El residuo es un producto basado en Ni/Fe que puede ser purificado para recuperar la fracción de Fe (enviada a reciclaje en la industria de acero) y una fracción de Co y Ni mezclada, la que puede ser recuperada por lixiviación selectiva y precipitación. Este proceso actualmente es de baja eficiencia y puede ser peligroso para los trabajadores durante las operaciones de desensamblaje, además requiere instalaciones de alta tecnología para las etapas de separación así como en el control de la limpieza de gases y tratamiento de aguas.

- **Pirolisis con desensamblaje previo:**

Inicialmente se retira la carcasa plástica. El resto es fundido en un horno para formar una aleación (Fe) Ni/Co que puede ser posteriormente valorizada en una refinera de Co y Ni. Este proceso es eficiente cuando se le maneja con los controles adecuados; sin embargo, los plásticos generalmente no son valorizados.

- **Pirolisis sin desensamblaje previo:**

Es similar al anterior, pero sin separación previa de la cubierta plástica. En este caso los plásticos son directamente valorizados como combustible en el proceso produciéndose la aleación Fe/Ni/Co/Cu que posteriormente debe ser refinada a fin de que todos o parte de los metales se recuperan para su reuso en baterías u otras aplicaciones. Este proceso es el más eco-eficiente y recomendado para las baterías ya que requiere solo un paso y si se cuenta con intercambiadores de calor apropiados mucha de la energía generada por la combustión del plástico puede ser recuperada.

En función de su composición y sus características de lixiviación, la escoria generada puede ser enviada a relleno sanitario, purificada en pasos subsecuentes o enviada a valorización directa en otras aplicaciones como industria de cemento o construcción.

Reciclaje de baterías sin segregación

En el caso del reciclaje de mezclas de diferentes tipos de baterías, se indica como alternativa un proceso de pirolisis, en el cual las baterías se funden en conjunto, produciendo una mezcla que contiene todos los metales (Fe, Cu, Ni, Co) que es posible seguir procesando para su recuperación, una escoria compuesta de elementos refractarios (CaO, SiO₂, Al₂O₃) y emisiones de polvo con elementos volátiles (residuos de la combustión de plásticos, zinc y/o aluminio)¹¹².

La siguiente tabla resume algunas alternativas de manejo de las pilas:

¹¹¹ UNEP 2006 (b)

¹¹² OECD 2001

Tabla 2.32 Alternativas de eliminación de pilas y baterías

Alternativa	Descripción	Evaluación Actual
Reciclaje	Las pilas y baterías pueden ser procesadas en plantas de reciclaje especializadas para la recuperación de metales.	Actualmente no existen plantas apropiadas; por lo tanto se deberían enviar a plantas de reciclaje especializadas en el exterior a fin de evitar la pérdida de materiales.
Exportación	En países que no cuentan con las condiciones requeridas para el reciclaje, se deben enviar hacia otros países donde existía la tecnología apropiada.	Se deben tener en cuenta los criterios del Convenio de Basilea y las autoridades pertinentes deben ser notificadas.
Rellenos sanitarios de Seguridad	Donde no existe solución para las baterías, estas deben ser dispuestas en un relleno de seguridad apropiado para desechos peligrosos.	Su disposición debe ser controlada por las autoridades ambientales..

Tarjetas de circuito impreso (TCI)

Las TCI contienen componentes valiosos como chips que podrían ser removidos y vendidos para reuso. Además contienen metales valiosos que pueden ser recuperados mediante procesos de fundición y refinación, ya que contienen una cantidad interesante de cobre, oro planta y paladio. En la mayoría de estas instalaciones de recuperación las TCI actúan como sustituto del concentrado de cobre primario ya que además contiene otros metales como plomo, cadmio, oro y plata.

Sin embargo, y debido a su alto valor económico se realiza un procesamiento previo a menor escala de una carga de cada material residual recibido a fin de obtener una muestra representativa y realizar un análisis de los metales contenidos y posteriormente se realiza el proceso con todo el material.

Como se ha mencionado anteriormente, las instalaciones que procesan estos materiales deben contar con sistemas de control de emisiones que cumplan con las especificaciones indicadas para el proceso de residuos electrónicos.

Pantallas planas y computadores portátiles

Ambos contienen displays de cristal líquido, los que pueden ser enviados a operaciones de recuperación debido a que recientemente algunas instalaciones están recuperando el vidrio mediante un proceso de destrucción catalítica de las sustancias del cristal líquido o bien enviados a tratamiento térmico en instalaciones de incineración autorizadas.

En algunos países se requiere que las pantallas de área mayor a 100 cm² sean manejadas separadamente, cuando éstas contengan sistemas de iluminación trasera con lámparas de descarga de gas que contengan mercurio. Al remover dichas lámparas se les debe enviar a instalaciones especializadas de recuperación de mercurio o a incineradores de residuos peligrosos autorizados, con sistemas apropiados de limpieza de gases, incluyendo filtros de carbón activado yodado o medidores garantizados de separación e inmovilización del mercurio.

Los diodos emisores de luz se encuentran presentes en algunos circuitos impresos de computadores personales. Estos se deben remover ya que contienen arsenito de galio.

Los computadores portátiles (excluidas baterías, TCI y lámparas si corresponde) pueden enviarse a instalaciones de fundición para recuperar metales no ferrosos.

Cables de aislación

Los cables de un equipo pueden ser de PVC, elastómero plástico u otros. El principal problema es la presencia de PVC debido a su contenido de cloruros.

Los cables deben ser retirados durante su desmantelado si son accesibles, ser cortados o triturados a un pequeño tamaño (típicamente uno a diez centímetros), y pueden ser granulados para recuperar el cobre desde la aislamiento plástica mediante agua o aire. El residuo plástico puede ser recuperado o bien incinerado en instalaciones apropiadas.

Condensadores

Los condensadores deben ser acopiados y almacenados en contenedores acidorresistentes (plástico resistente o metal). Existen aun en uso pequeños condensadores con electrolito que pueden contener líquidos corrosivos. Se ha demostrado que los electrolitos (con o sin PCBs), generados por condensadores averiados permean los envases de plástico común.

Ya que es difícil hacer una distinción según el contenido de PCB de los condensadores, los condensadores electrolíticos también deberán ser recolectados y almacenados en contenedores acidorresistentes.

Si no es factible reciclar los condensadores electrolíticos, éstos deben ser destruidos térmicamente en una planta adecuada que cuenta con un control de emisiones. En el caso de una recuperación mecánica se debe de considerar que aumenta la probabilidad que las sustancias contaminantes se liberen y acumulen en los respectivos residuos.

Para destruir completamente los PCBs mediante procesos térmicos (incineración) se debe garantizar una permanencia de a lo menos 2 segundos a una temperatura de 1200 °C. Si no se cumplen estas condiciones existe un alto potencial de generación de dibenzofuranos policlorados (dioxinas). Por lo tanto es fundamental la eliminación en plantas de tratamiento térmico adecuadas.

La siguiente tabla resume algunas alternativas de manejo de los condensadores:

Tabla 2.33 Alternativas de eliminación de condensadores

Alternativa	Descripción	Evaluación
Incineración	Los condensadores que contienen o puedan contener PCBs, deben ser incinerados a altas temperaturas, en instalaciones para el manejo de residuos peligrosos y con controles adecuados de emisiones	
Exportación	En países que no cuentan con las condiciones requeridas para el reciclaje, se deben enviar hacia otros países donde existía la tecnología apropiada.	Se deben tener en cuenta los criterios del Convenio de Basilea y las autoridades pertinentes deben ser notificadas.
Reciclaje	Si se puede determinar con certeza que un condensador está libre de los PCBs, puede ser reciclado, ya que contiene metales aprovechables	Para descartar la presencia de PCB se requiere desarrollar mediciones especiales para la identificación del condensador
Disposición final	Incluso si un condensador está libre de PCB (algunos condensadores indican dicha condición) estos no se deben disponer en rellenos sanitarios ni triturar con otras piezas; deben preferiblemente ser eliminados en un incinerador de alta temperatura equipado con controles apropiados de emisiones	
	Los sólidos que contienen PCBs pueden ser dispuestos en rellenos de seguridad equipados especialmente para dichos desechos peligrosos	Su disposición debe ser controlada por las autoridades ambientales pertinentes.

Recuperación y reciclado de plásticos

Todavía no se han generalizado ampliamente las actividades de recuperación de plásticos, debido a que son pocas las instalaciones que pueden clasificar eficientemente los plásticos en corrientes de productos limpios de un solo tipo. En los hornos con tratamiento adecuado del gas de combustión, los plásticos pueden utilizarse en el proceso de recuperación de metales, en el que pueden servir como fuente de calor, en sustitución de otros hidrocarburos combustibles y como reductor.

Si las carcasas se diseñaran de manera que pudieran desprenderse fácilmente y no tuvieran sustancias como pinturas, etiquetas y metales, y pudieran recogerse en volúmenes razonablemente grandes, los plásticos utilizados (normalmente del tipo acrilonitrilo butadieno estireno/policarbonado, ABS-PC), podrían reciclarse en mayor medida. Las investigaciones sobre la determinación y clasificación de plásticos está avanzando en los últimos años, y esta opción podría ser económicamente viable en el futuro. De hecho, el Instituto Fraunhofer de Alemania puso en marcha en 2001-2002 el proyecto "RegioPlast", que demostró que el reciclado del plástico procedente de desechos eléctricos y electrónicos es técnicamente posible y económicamente viable para el polipropileno, ABS, policarbonato y poliestireno.

El proceso de recuperación del plástico comenzaría con la clasificación de los diferentes tipos, lo que no representaría ninguna exposición a sustancias peligrosas. Luego, los plásticos clasificados serían objeto de un proceso de granulación.

Las tecnologías desarrolladas para la identificación de polímeros presentes en corrientes de residuos abarcan distintos tipos de espectroscopia: termografía de IR, fluorescencia de rayos X etc. Cada técnica de identificación tienen limitaciones, ya que algunas de ellas no son capaces de identificar plásticos oscuros, otras son lentas y no pueden ser aplicadas a un sector concreto, otras son suficientemente rápidas y pueden trabajar en un ambiente industrial pero no son capaces de identificar aditivos o determinados polímeros etc. Los sistemas de identificación deben ir acoplados a sistemas de separación automáticos, como pueden ser los sistemas de separación basados en chorros de aire (soplado) o en expulsores accionados neumáticamente.

Estas técnicas de identificación han sufrido en los últimos años un gran desarrollo puesto que el proceso de reciclado requiere que la etapa de identificación no sólo sea precisa sino rápida. Las técnicas basadas en la espectroscopia de infrarrojo son las técnicas analíticas más ampliamente empleadas para la identificación de diferentes tipos de polímeros, y en algunos casos diferentes tipos de aditivos dentro de la misma familia de polímero.

Las carcasas de plástico podrían contener un pirorretardante bromado (probablemente decabromodifeniléter, DBDE) y parte de él puede liberarse del plástico durante el proceso de granulación, pero estudios previos revelan que la cantidad sería muy pequeña. Después de la granulación, el plástico se moldearía para darle la forma deseada en procesos a alta presión y temperatura, y podría darse cierta exposición a las sustancias contenidas en el plástico, pero la situación no sería distinta de la que se produce con el mismo tipo de plástico procedente de otras fuentes.

La siguiente tabla resume algunas alternativas de manejo de plásticos bromados:

Tabla 2.34 Alternativas de eliminación de plásticos bromados

Alternativa	Descripción	Evaluación
-------------	-------------	------------

<p>Reciclaje mecánico (Plásticos en general)</p>	<p>Procesos de trituración</p>	<p>Cuando los componentes plásticos que contienen retardantes bromados de llama se trituran, los trabajadores pueden ser expuestos al polvo que contiene estos productos químicos.</p> <p>Si el reciclaje de plásticos implica el uso del calor; el calentamiento de los plásticos que contienen retardantes de llama bromados puede causar la formación de furanos y de dioxinas bromados altamente tóxicos.</p>
<p>Reciclaje químico o terciario (plásticos en general)</p>	<p>Tratamiento de los residuos plásticos mediante procesos fisicoquímicos, en los cuales las moléculas de los plásticos se rompen para obtener monómeros con algún valor para la industria petroquímica como materia prima. Es aplicado, principalmente a aquellas corrientes de residuos complejas de manejar a través de las técnicas de reutilización o reciclaje mecánico. El reciclaje químico puede llevarse a cabo por diferentes procesos: gasificación, extrusión degradativa y metanólisis.</p>	<p>Algunos de los procesos de reciclaje químico, como la pirólisis, no requieren una separación por tipo de resina plástica, lo que permite aprovechar residuos plásticos mixtos.</p> <p>Entre los procesos químicos utilizados para la clasificación de los plásticos, se encuentra también la metanólisis (un proceso de depolimeración) que reduce los plásticos a sus componentes originales mediante la aplicación de calor y presión en presencia del metanol. Esta combinación no solo ocasiona que las cadenas de los polímeros se rompan, dejando solamente monómeros, los cuales son purificados y re polimerizados en resina nueva; sino que permite la destrucción de contaminantes</p>
<p>Incineración</p>	<p>Mediante combustión controlada, se aprovecha el alto contenido energético de los residuos plásticos como combustible alternativo. Aunque algunos plásticos pueden reciclarse, con ventajas para el medio ambiente, podría haber residuos del proceso de reciclaje que no puedan ser reciclados. En el caso de que el reciclaje no pueda justificarse, la recuperación energética tal vez sea una forma eficaz en función de los costos de recuperar un valor intrínseco de los residuos plásticos.</p>	<p>El proceso de incineración de plásticos con recuperación energética tiene como impactos ambientales la generación de emisiones atmosféricas, la posible infiltración de lixiviados de cenizas a aguas subterráneas ocasionados por la disposición de las cenizas generadas en el proceso.</p>

2.5.5 Evaluación Económica De Alternativas De Recuperación, Reciclaje Y Disposición

a) Recuperación de metales por fundición y refinación

La recuperación de metales preciosos es una alternativa económicamente atractiva, de acuerdo a los valores de mercado de los mismos. A fin de analizar las ventajas económicas de esta alternativa, basada fundamentalmente en la exportación de residuos, se realizó un análisis preliminar de beneficios generados, considerando algunos de los metales contenidos en los residuos y las eficiencias de recuperación de una refinación, lo cual se muestra en la tabla 2.35 y 2.36. Los precios considerados corresponden a valores internacionales (mercado de metales de Londres).

Tabla 2.35 Estimación del beneficio de la recuperación de metales para residuos de celulares (US\$ / ton procesada)

elemento	porcentaje en peso	gr/celular 0,1 Kg	Kg/ton (*)	Kg 100% eficiencia reciclado	eficiencia actual reciclado	Kg recuperables	Kg no reciclables	valor mercado internacional US\$/ton(*)	US\$ total 100%reciclaje	US\$ reciclaje real
Plásticos	45	45	450	450	0,2	90	360	300	135	27
Vidrio, cerámica	17	17	170	170	0,5	85	85	80	14	7
Cobre (Cu), compuestos	17	17	170	170	0,9	153	17	4.600	782	704
otros metales	4	4	40	40	0,5	20	20			
Cobalto (Co)	10	10	100	100	0,85	85	15	88.550	8.855	7.527
Aluminio (Al)	3	3	30	30	0,8	24	6	1.489	45	36
Acero, metal ferroso (Fe)	3	3	30	30	0,8	24	6	13.950	419	335
Estaño (Sn)	1	1	10	10	0,7	7	3	11.576	116	81
Total	100	100	1000	1000		488	512		10.365	8.716
plata		0,25	1,25	1,25	0,98	1,225	0,02	511	638	626
oro		0,024	0,12	0,12	0,99	0,1188	0,00	33.536	4.024	3.984
paladio		0,009	0,045	0,045	0,95	0,04275	0,00	8.250	371	353
total		0,283	1,415	1,415		1,38655	0,03		5.034	4.962
base 1 ton = 10.000 unidades para metales preciosos el valor es en US\$/Kg									15.398	13.678

Tabla 2.36 Estimación del beneficio de la recuperación de metales para residuos de computadores (US\$ / ton procesada)

elemento	porcentaje en peso	Kg/computador 10 Kg	Kg/ton (*)	Kg 100% eficiencia reciclado	eficiencia actual reciclado	Kg recuperables 2010	Kg no reciclables	valor mercado US\$/ton	US\$ total 100%reciclaje	US\$ reciclaje real
Plásticos	23	2,3	230	230	0,2	46	184	300	69	14
Vidrio, cerámica	25	2,5	250	250	0,5	125	125	80	20	10
Cobre (Cu), compuestos	7	0,7	70	70	0,9	63	7	4.600	322	290
plomo	7	0,7	70	70	0,5	35	35	1.518	106	53
otros metales	4	0,4	40	40	0,6	24	16		0	0
Aluminio (Al)	14	1,4	140	140	0,8	112	28	1.489	208	167

Acero, metal ferroso (Fe)	20									
		2	200	200	0,8	160	40	13.950	2.790	2.232
Total	100	10	1000	1000		565	435		3.516	2.765
Cobalto (Co) batería laptop		75 gr/unidad	7,5	7,5	0,85	1130	870			
								88.550	664	565
plata	100 a 200	10	1	1	0,98	0,98	0,02	511	511	501
oro	160-200	1,6	0,16	0,16	0,99	0,1584	0,0016	33.536	5.366	5.312
platino	40	0,4	0,04	0,04	0,95	0,038	0,002	40.893	1.636	1.554
paladio	30-80	0,3	0,03	0,03	0,95	0,0285	0,0015	8.250	248	235
total		12,3	1,23	1,23		1,2049	0,0251		8.424	8.166
base 1 ton = 100 unidades									11.939	10.932
precios bolsa metales Londres										

Las condiciones de envío a estas instalaciones son de un mínimo de 10 toneladas. Aunque se paga fundamentalmente por los contenidos de oro plata, platino y paladio como elementos principales, desde los residuos se puede recuperar rodio, indio, rutenio, entre otros. En el metal base se recupera níquel, cobre, plomo, además de selenio y telurio, por mencionar algunos metales. Adicionalmente el contenido de plástico reemplaza parte del combustible del proceso, actuando como un combustible secundario.

Según datos de EMPA, una tonelada de tarjetas contiene aproximadamente 200 gr de oro¹¹³. La eficiencia del proceso de recuperación varía desde un 25% para procesos manuales, hasta 99% en procesos de refinería, lo que da cuenta de que el proceso de recuperación debe desarrollarse básicamente en estas últimas instalaciones.

Los datos indicados en las tablas previas corresponden a precios internacionales. A nivel nacional, los precios son bastante menores, pues el hierro se compra como chatarra a no más de \$ 40/Kg, (cerca de 70 US\$/ton), el aluminio a \$ 400-500/Kg (860 US\$/ton) y el cobre sobre \$ 1500/Kg (aproximadamente 2.600 US\$/ton). Esto puede explicar el porque las empresas de reciclaje ven más conveniente la exportación de materiales frente a la venta a nivel nacional. Los valores por tonelada exportada varían según el contenido de metales como cobre, oro, plata y platino y como son dependientes de las condiciones de la economía mundial, han bajado en el último período.

Existe interés por algunas empresas de fomentar la recuperación de materiales por la vía de la refinación en el país o en países cercanos. En el caso de Belmont se habla de la posibilidad de colocar una refinería en Brasil. Contactos más recientes indican que la empresa Xstrata se encuentra interesada en instalar una planta para la recuperación de metales de electrónicos en el norte de Chile.

De acuerdo a la tecnología requerida para la recuperación de la mayoría de estos materiales, la posibilidad de instalación de plantas de recuperación por parte de empresas nacionales no se vislumbra como una alternativa factible en el corto plazo; sin embargo, iniciativas de empresas como Xstrata en Chile, quienes están evaluando la alternativa de operar una refinería en la zona norte del país, aprovechando infraestructura existente de fundiciones, podrían permitir avanzar en la recuperación de materiales y recursos a nivel nacional, con un impacto económico positivo, además del fortalecimiento del sector. Adicionalmente, se observa una alta probabilidad de aumento del número de empresas de reciclaje autorizada, básicamente orientada al desmantelamiento y exportación de componentes, a partir de las iniciativas existentes.

¹¹³ los contenidos varían entre 50 ppm para TCI low grade a 300 ppm en TCI high grade.

Adicionalmente, se indica que, para que la alternativa de fundición y refinación de metales se desarrolle como una alternativa viable en el país, se requiere contar con un volumen de residuos suficiente como para sostener la actividad. Sin embargo, la generación de residuos en Chile no sería capaz de cubrir dichas capacidades, por lo que las empresas interesadas han comenzado a analizar la posibilidad de la importación de residuos del tipo tarjetas de circuitos impresos desde países vecinos.

No obstante, la importación de residuos es un tema que aún no está aclarado con el Ministerio de Salud, sobretodo porque la posición actual del mismo y de los SEREMIS de Salud, mientras no haya una flexibilización del DS148 es que todo equipo electrónico fuera de uso se cataloga como peligroso, por lo cual se hace necesario avanzar más en aclarar este tema.

b) Reciclaje y tratamiento de residuos electrónicos

Los costos de reciclaje actual varían entre 450 a 850 US\$/ton. Este valor es el que cobran la mayoría de las empresas autorizadas por la recepción de estos residuos, aún cuando otras empresas dedicadas al rubro, pero todavía sin los permisos requeridos, reciben sin costo los productos fuera de uso.

Al igual que en el caso de las refinerías, los procesos para recuperar componentes desde monitores CRT o pilas no serían viables en el corto o mediano plazo en el país, por lo que su destino actual debe ser la disposición en rellenos de seguridad.

Los costos de disposición para residuos no peligrosos son de alrededor de US\$ 32 por tonelada (US\$ 20 por transporte y US\$ 12 por derecho a puerta en relleno sanitarios). El costo de recepción y tratamiento de los residuos clasificados como peligrosos en rellenos de seguridad puede superar los US\$ 200/ton.

c) Recuperación de equipos

Frente a lo anteriormente descrito, los costos de recuperación y reacondicionamiento de un computador para extender su vida útil 2 a 3 años más, oscilan entre 100 y 150 US\$/equipo.

Lo anterior aunque parezca ser un valor mayor a los costos de reciclaje o disposición ya descritos, deben evaluarse frente al costo ambiental de producir un computador, especialmente los microprocesadores contenidos, ya que cada kilo de un desktop y su monitor consume cerca de 4.000 veces dicho peso en materiales, combustibles fósiles, productos químicos y agua en su fabricación.

Adicionalmente, la extensión de vida útil ahorra de 5 a veces más energía que si se le envía a reciclaje. Además se debe considerar que cerca de un 75% del consumo de energía en el ciclo de vida de un computador ocurre incluso antes de que dicho aparato se encienda por primera vez¹¹⁴.

Se destacan, además, como beneficios del reacondicionamiento:

- El evitar extraer nuevos recursos naturales.
- a extensión temporal de la vida útil, puede implicar el desarrollo de nuevas tecnologías para el reciclaje y la disposición final.

¹¹⁴ Environmental Case for Refurbished IT Equipment Marzo 2009 <http://blog.techsoup.org/node/676>

2.6 RIESGOS E IMPACTOS DE ALGUNAS DE LAS ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN Y ELIMINACIÓN

Quema de desechos

La incineración oxida el plástico de la carcasa y de las tarjetas de circuitos, pero esta oxidación puede ser incompleta si la quema se realiza de manera informal y totalmente incontrolada. Por ejemplo, a veces se queman las tarjetas de circuitos para concentrar los metales en cenizas que se venden para la recuperación de metales y el reciclado.

Algunos metales, entre ellos el cadmio y el plomo, tienen temperaturas de fusión relativamente bajas y pueden fundirse durante su quema y formar humos o partículas diminutas de óxido metálico que se esparcen con las emisiones de aire procedentes del incinerador. Si estos metales, y cualquier otro metal contenido, no se funden a las temperaturas de incineración (sobre 1000 a 1200 °C), permanecen en la ceniza del fondo. Ésta, si se elimina en un vertedero, crea problemas de exposición a sustancias peligrosas.

Asimismo, si la incineración no tiene lugar a una temperatura lo bastante elevada y mantenida durante un tiempo suficiente, los plásticos y otros hidrocarburos contenidos quizá no se oxiden completamente y no lleguen a transformarse en dióxido de carbono y agua, y pueden combinarse con halógenos para formar nuevos hidrocarburos halogenados, con inclusión de dioxinas y furanos.

Eliminación en vertederos o rellenos sanitarios¹¹⁵

La eliminación de equipos electrónicos en rellenos sanitarios o vertederos puede poner a éstos en contacto con el ambiente ácido present y, durante un prolongado periodo de tiempo, es posible la lixiviación de las sustancias que son solubles en dichos ácidos. Se han realizado varios estudios en los que se observa que las tarjetas con circuitos impresos de celulares y otros residuos como pantallas CRT desprenden plomo en condiciones de vertedero simuladas por el procedimiento de medición de toxicidad extrínseca (TCLP).

Si la instalación de disposición final no está delimitada por una barrera impermeable, las sustancias pueden migrar hacia las aguas subterráneas y, con el tiempo, hacia lagos o pozos, y dar lugar a una posible exposición de las personas y otras especies. No obstante, el plomo no tiende a migrar en el suelo sino que permanece más bien fijo en las partículas. Por consiguiente, cuando se bebe agua de esa procedencia la exposición al plomo como consecuencia de la lixiviación y migración a aguas subterráneas es un riesgo mínimo. El principal riesgo de la eliminación en vertedero está asociado a la migración de sustancias peligrosas a lo largo de la cadena alimentaria y como consecuencia de la ingestión directa de contaminantes, suelo contaminado y agua procedente de vertederos que no están controlados.

Cuando los contaminantes llegan al suelo, son absorbidos por las partículas coloidales que existen en el mismo, o son arrastrados hacia las capas más profundas por efecto de la lluvia. Los contaminantes solubles se infiltrarán en la capa superficial del suelo, donde tendrá lugar la adsorción. Los compuestos insolubles se acumularán en la superficie de moléculas orgánicas, enlazándose a través de la materia orgánica presente en el suelo.

Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir diferentes vías:

- Pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas.
- Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.

¹¹⁵ UNEP 2003

- Pueden mobilizarse a las aguas superficiales o subterráneas, arrastrados por la humedad del suelo mediante procesos de convección.

La concentración de los metales en los mismos se ve influenciada por los procesos de adsorción, intercambio iónico, pH y por las distintas reacciones en las que puedan intervenir.

Para que los metales puedan ser transferidos a otros medios es necesario que se encuentren disueltos en la humedad del suelo, salvo en el caso de la volatilización que afecta primordialmente al mercurio. Esta situación explica el porque los residuos electrónicos no deben ser dispuestos en rellenos sanitarios o vertederos, sitios donde los lixiviados ácidos permiten una mayor movilidad de la mayoría de los metales.

Se ha estimado que un 40% del plomo presente en lixiviados de rellenos municipales proviene de componentes electrónicos. En un estudio en el Centro para el manejo de desechos sólidos y peligrosos de Florida (6,7), se reportó que el contenido de plomo de los lixiviados de los tubos de rayos catódicos (18,5 mg/L) sobrepasan los límites permitidos por la EPA (5,0 mg/L), por lo tanto deben ser clasificados como desechos peligrosos¹¹⁶.

El mercurio inorgánico se incorpora al agua se convierte en metilmercurio el cual es fácilmente acumulado en organismos vivos en los tejidos grasos y se concentra a través de la cadena alimenticia, especialmente en los peces

Al ir transcurriendo el tiempo disminuye la disponibilidad de los metales, ya que se van adsorbiendo más fuertemente. En general se considera que la movilidad de los metales es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes subsuperficiales en muy pequeñas cantidades. Es por ello que la presencia de altas concentraciones en el horizonte superficial seguida de un drástico decrecimiento a los pocos centímetros de profundidad es un buen criterio de diagnóstico de contaminación¹¹⁷.

Fundición¹¹⁸

En los procesos de fundición las sustancias se procesan a muy altas temperaturas y pueden presentarse riesgos a la salud y el ambiente debido a la emisión de gases de combustión y partículas de metal, las cuales deben ser manejadas por medio de su captura y conducción a sistemas de control que consiste en uno o mas equipos del tipo lavadores de gases ácidos, ciclones, precipitadores electrostáticos o filtros de manga.

La fundición de residuos electrónicos requiere modificaciones de su sistema de control de emisiones, debido a la presencia de plásticos y halógenos (cloro y bromo) y la potencial generación de dioxinas y furanos, compuestos considerados altamente neurotóxicos y cancerígenos. Para prevenir la generación de estos últimos, la oxidación de los hidrocarburos presentes debe ser a temperaturas de 850°C o mayores con un tiempo de residencia de 2 segundos y en presencia de exceso de oxígeno. Dichas condiciones aseguran la destrucción térmica de los hidrocarburos y pueden reducir sustancialmente la posibilidad de emisión de furanos y dioxinas. Los halógenos pueden ser convertidos en ácidos y recuperados en un lavador de gases. Adicionalmente la temperatura del gas de salida debe ser rápidamente reducida a 200°C o menos en la entrada del sistema de remoción de polvos para una máxima eficiencia de retención (filtros manga o precipitador electrostático).

Para los residuos que contengan mas de un 1% desustancias orgánicas halogenadas, expresadas como cloruros, la Directiva de Incineración de la Unión Europea especifica una temperatura mínima de 1100°C.

¹¹⁶ ACEPESA 2003

¹¹⁷ La Grega, 1996

¹¹⁸ UNEP 2006 (b), GAIKER, 2007, OECD, 2001

La fundición va seguida de una serie de procesos de electrorrefinado, disolución y precipitación de metales (procesos hidrometalúrgicos) en que se recuperan y refinan los distintos metales hasta que alcanzan la calidad necesaria para el mercado. Estas medidas pueden generar aguas residuales que quizá contengan elevadas concentraciones de metales tóxicos; estas aguas, si no se reutilizan completamente en la instalación de refinado, deberán ser objeto de especial atención por lo que se refiere a su tratamiento y manejo.

La escoria del proceso de fundición contiene también sustancias potencialmente nocivas. Si presentan todavía concentraciones relativamente elevadas de metales de interés económico, deberán reincorporarse al horno o al proceso de fundición para recuperar esos metales. Esta fundición continua implica la posibilidad de emisiones de humos y partículas pero permite una mayor recuperación de metales y evita la eliminación en vertederos. Las escorias pueden también reducirse a polvo, como preparado para una ulterior recuperación de metales mediante lixiviación y precipitación selectiva de los metales deseados. Estos pasos puedan generar peligro de exposición de los trabajadores a polvo que contenga metales y aguas residuales con gran concentración de metales tóxicos, por lo que deberán ser controlados mediante el uso de procesos debidamente diseñados.

Las escorias suelen normalmente contener altas proporciones de silicato, y cuando se han estabilizado y vuelto insolubles mediante el procesamiento a temperaturas elevadas no lixivian sustancias potencialmente nocivas, por lo que podrían utilizarse sin peligro como agregado para la construcción de edificios o carreteras. Si no se ha conseguido que las escorias sean estables e insolubles, su utilización en la tierra o su eliminación final en los vertederos o rellenos tiene el mismo potencial de liberación de sustancias potencialmente nocivas que se ha descrito anteriormente.

3. DISCUSION

3.1 Respecto A La Generación De Residuos Electrónicos Y Alternativas Tecnológicas De Valorización

Las tecnologías y aplicaciones que permiten una valorización material y energética de los residuos electrónicos son variadas; sin embargo gran parte de ellas no se vislumbran aún con factibilidad de desarrollarse a nivel nacional en el corto o mediano plazo; lo más probable es que se potencie la industria de reciclaje, entendida como el desensamblaje de equipos fuera de uso principalmente.

En base a la experiencia internacional, se estima posible recuperar y redireccionar entre un 10 y 20% adicional del total de residuos electrónicos con vertido desconocido (700 a 1.400 toneladas), lo cual permitiría aumentar la tasa actual de 16% mediante la implementación de un sistema de gestión que involucre tanto la recolección del residuo como su manejo y transformación posterior por empresas valorizadoras, sea esto con las alternativas que se desarrollan a nivel nacional o bien a través de exportación a empresas de recuperación de materiales. Esta aseveración se sustenta en el aumento esperado del número de empresas y su capacidad en el ámbito del reciclaje, así como de la recuperación social.

No obstante subsisten algunas barreras relacionadas con un mercado incipiente para componentes de residuos electrónicos valorizables en el país, que es necesario reforzar para determinar su potencial desarrollo, así como la difusión de las alternativas de manejo de los mismos, lo que se trata en detalle en el siguiente punto.

3.2 Respecto De Una Propuesta De Sistema De Gestión

Para lograr el adecuado manejo de los residuos electrónicos, un importante número de países cuentan con legislación específica en la materia y otros, que se encuentran en proceso de desarrollar sistemas de gestión, están en etapa de generar leyes y reglamentos específicos. La principal dificultad que hoy en día presenta Chile, para lograr una buena gestión y valorización de los materiales electrónicos, es la falta de una legislación especial para este tipo de residuos, como también la limitada cantidad de empresas dedicadas al reciclaje eficiente de los mismos.

Esta situación podría revertirse en el mediano plazo con la entrada en vigencia de una Ley Marco de Residuos, con Reglamentos específicos para residuos prioritarios, entre los cuales se encontrarían los residuos electrónicos (en general, no sólo los analizados en este estudio) y con la formalización de nuevas empresas en el mercado.

Al mismo tiempo, persiste una carencia de normativas orientadas a controlar la calidad de los equipos que hoy se comercializan en el mercado (lo que se traduciría en mayor vida útil de los mismos). Ambos tipos de regulaciones son claves para poner en marcha un sistema de Gestión Integral. Por otra parte falta crear conciencia ambiental y de calidad, a fin de empoderar a todos los actores involucrados, en los distintos niveles de la cadena.

El concepto rector del sistema de gestión se basa en el Principio de la Responsabilidad Extendida del Productor, REP, el cual se aplica en la mayoría de los países evaluados. La responsabilidad extendida del productor se centra principalmente en el ciclo de vida del producto, pero intenta que fabricantes, distribuidores, intermediarios, usuarios, y empresas **compartan la responsabilidad** de reducir los impactos que el producto ocasiona al medioambiente.

La responsabilidad extendida del productor reconoce que éste puede asumir nuevos compromisos para reducir el impacto medioambiental de sus productos. Sin un compromiso serio del productor, no es posible, como país, hacer progresos significativos en la óptima conservación sustentable de recursos. **Por otra parte, una mejora sustantiva no siempre debe percibirse como una responsabilidad exclusiva de los productores. Además de ellos los intermediarios, consumidores, así como las tecnologías de tratamiento existentes, deben concertarse para encontrar la solución más apropiada y rentable.**

El rol motivador de los productores y distribuidores hacia la comunidad puede y debe ser un factor decisivo para el éxito de un sistema de esta naturaleza. Una buena estrategia que aseguraría el adecuado manejo de los residuos electrónicos sería contar con el compromiso del consumidor. Los consumidores deben hacer compras responsables que consideren los impactos medioambientales. Para ello debe formarse una conciencia nacional en torno al tema de la protección del medio ambiente, pues son ellos, en última instancia, quienes deben realizar el primer paso para la posterior reutilización de los productos que desechan.

Por lo anterior, el estudio desarrolla una propuesta de sistema de gestión de residuos electrónicos basada en elementos básicos que actualmente operan a nivel internacional, pero considerando las singularidades del mercado chileno y las actuales iniciativas en desarrollo. La figura 2.24 resume los mecanismos actuales de gestión que coexisten actualmente en Chile, mientras que las figuras 2.25 y 2.26 entregan los elementos, roles y nexos principales de la propuesta del futuro Sistema de Gestión de Residuos Electrónicos en Chile.

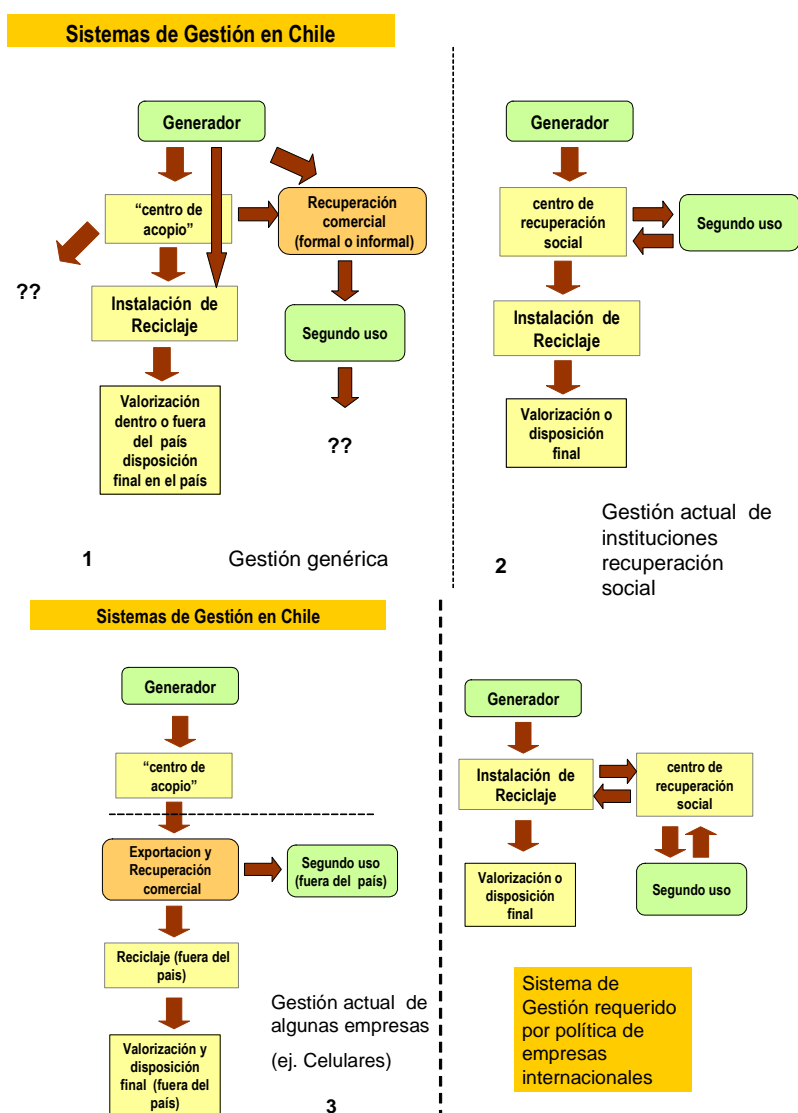


Figura 2.24 sistemas actuales de gestión que coexisten en Chile

Es relevante destacar que, para un adecuado funcionamiento del sistema de gestión propuesto, se deben establecer claramente o bien crear algunos elementos, hoy no bien definidos, cuya carencia podría complicar la puesta en marcha del mismo:

- **CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS ELECTRONICOS**

En la mayoría de los países que cuentan con Legislación y operan sistemas de gestión para residuos electrónicos, éstos últimos son clasificados como residuos especiales, y las operaciones de manejo desarrolladas distinguen entre un producto fuera de uso y un residuo: el producto fuera de uso puede ser enviado a instalaciones de recuperación, para ser devuelto al flujo de productos en un segundo uso, o bien destinarse a centros de acopio. La clasificación de peligroso o no peligroso se aplica sólo una vez que el equipo es desensamblado en instalaciones de reciclaje, en lo que se ha llamado una operación de "descontaminación", donde se separan componentes peligrosos y no peligrosos.

En Chile, los residuos electrónicos se consideran peligrosos desde el momento que pasan a la categoría de fuera de uso, de acuerdo a lo indicado en el DS 148, como legislación específica. Al respecto, no existe una correspondencia entre la calidad y la clasificación actual del residuo, ya que sigue siendo el mismo producto, a menos que se le intervenga y desmantele.

Una flexibilización en la aplicación del DS148, mediante el desarrollo de criterios o complementos al mismo, en la primera etapa de manejo de estos residuos fomentaría su recolección en centros de acopio, la recuperación para un segundo uso y reduciría la corriente de residuos final. La situación actual, si se mantiene, dificultaría la operatoria de cualquier sistema de gestión en cuanto a condiciones de logística y tratamiento económicamente viable de estos residuos. En este ámbito, además, se podría considerar la generación de metas de gestión de residuos electrónicos, en materia de reciclaje y reacondicionamiento, como es el caso del modelo Español.

- **COMPROMISOS**

Deben establecerse a lo menos los siguientes aspectos claves:

Compromiso de los **productores** en el sistema, incentivando a los usuarios, en conjunto con sus distribuidores, de retornar sus equipos electrónicos fuera de uso a centros de acopio existentes (propios, de empresas privadas o municipios) o a instituciones de recuperación social, fomentando el compromiso de entrega al organismo gestor para una correcta disposición.

Compromiso u obligación de los usuarios o consumidores, ya sea, personas naturales o jurídicas de devolver los equipos fuera de uso a algún punto de recolección de los mismos.

Compromiso gubernamental de educar a la comunidad, promover la industria del reciclaje, desarrollo de normativa y legislación en los ámbitos de gestión de residuos y calidad, además de fiscalizar todo el sistema en su conjunto, para controlar su funcionamiento y evitar prácticas inadecuadas como la disposición inadecuada.

- **FOMENTO A LA CREACION DE CENTROS DE ACOPIO**

En la actualidad coexisten una serie de modelos de recolección de residuos electrónicos, según lo indicado en la figura 2.24. Sin embargo se considera que es necesaria la creación de nuevos centros de acopio, tanto de empresas privadas como de Municipios, a fin de fomentar el flujo de devolución de equipos para su adecuada gestión. En general las empresas que realizan alguna actividad de recuperación no cuentan con infraestructura de transporte para retirar equipos en bajas cantidades, desde hogares, lo cual podría ser mayormente cubierto con la presencia de estos centros. La operación del sistema debe asegurar que en estos centros de acopio se envíen a los centros de recuperación social

solamente los equipos reparables, y a los centros de valorización equipos que no pueden ser refaccionados.

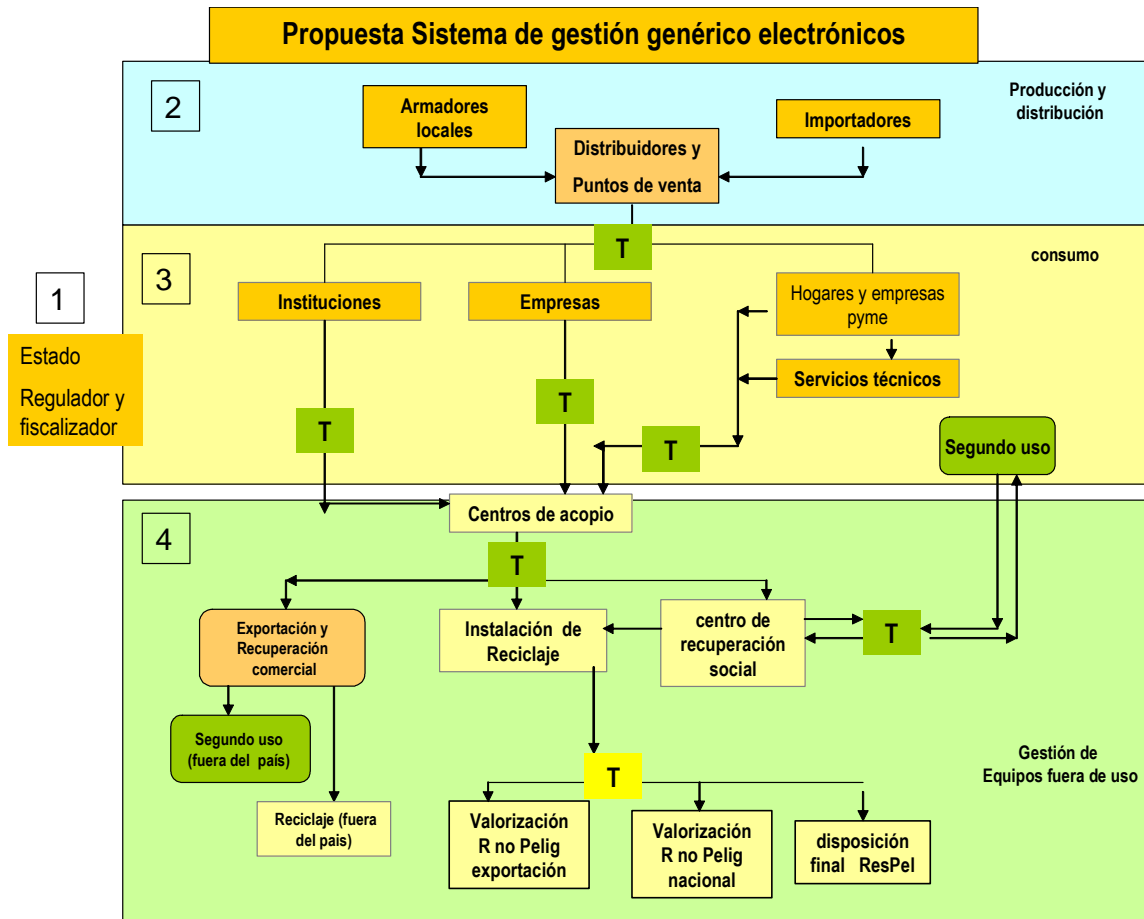


Figura 2.25 Diagrama de sistema de gestión propuesto

Actores del sistema de Gestión y su Rol:

1. ESTADO:

Su Rol será fundamentalmente regulador y fiscalizador, ya que para poner en marcha el sistema de gestión, el Estado debe generar las necesarias leyes y normativas en dos ámbitos fundamentales, pero separados:

Regulación: Ley Marco de Residuos y Reglamento de Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos

Esta ley dará los lineamientos básicos para el tratamiento de residuos en general, bajo un concepto de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), con el fin que, cualquier persona, ya sea natural o jurídica se haga responsable de su producto una vez terminada su vida útil. A partir de la misma y bajo un concepto de gradualidad, se generaría un Reglamento específico para el manejo de los residuos electrónicos (transporte, acopio, recuperación, desensamblaje, reciclaje de elementos no peligrosos y tratamiento y disposición de residuos peligrosos). Este Reglamento, para todos los tipos de residuos electrónicos (no sólo los evaluados en el presente

diagnóstico), debería establecer claramente los deberes, derechos y responsabilidades de cada uno y todos los actores del sistema de gestión, asegurando igualdad de condiciones.

Adicionalmente, este Reglamento debería contemplar las condiciones del rápido cambio de tecnologías, y la reducción gradual de componentes peligrosos en los equipos por parte de las empresas fabricantes, lo cual en el mediano y largo plazo podría desclasificar una amplia gama de aparatos fuera de uso hoy definidos como residuos peligrosos. Este Reglamento debe estar alineado a normas y referentes internacionales.

El organismo regulador para el sistema de gestión de residuos electrónicos sería CONAMA, en coordinación, al menos, con los Ministerios de Economía y Servicio de Aduanas. El rol fiscalizador sanitario es del Ministerio de Salud y sus SEREMIs.

Adicionalmente, el Estado debería cumplir un rol de fomento de la educación respecto a la gestión de residuos a todo nivel: consumidores y ciudadanía en general, servicios públicos y empresas.

Regulación de Calidad del producto

Como se ha indicado previamente, existe una importante carencia de regulaciones respecto de la calidad de los equipos electrónicos que hoy día se comercializan en el país. Por ello se hace necesario que se establezcan normas para regular la calidad en la Importación de equipos electrónicos, asegurando y certificando la calidad del producto (entrada y salida de equipos usados o refaccionados en cuanto a duración). Asimismo, se propone que los importadores incorporen en la información del producto, las características de los mismos en cuanto a contenidos de materiales potencialmente peligrosos.

2. PRODUCTORES:

Los productores tendrían un rol importante en coordinar la logística de manejo de los residuos; además estarían a cargo de establecer la modalidad de financiamiento del sistema, para lo cual se propone, inicialmente, el cobro de un importe adicional sobre el costo unitario de la venta de los equipos nuevos¹¹⁹, el que se debe detallar de forma explícita en la factura de venta, a fin de cubrir los costos de transporte, almacenamiento y disposición final del residuo. Con esta medida se podrá financiar la gestión y posterior valorización en cualquiera de sus formas. En el caso de los equipos usados importados, éstos deberían incluir el impuesto o "fee" respectivo.

El importe propuesto es, en general, un porcentaje muy bajo del costo del equipo. No obstante, es importante recalcar que este sistema puede funcionar si y solo si existen las regulaciones necesarias y sistemas de control de calidad para que todos los productores actuales operen en igualdad de condiciones y de costos.

Por otra parte, tendrían un rol relevante en la educación de los usuarios, a través de campañas de conciencia ambiental acerca de la calidad del producto y la adecuada gestión del residuo, donde se buscará fomentar que, al momento de quedar fuera de uso, éste se deje en los puntos de acopio autorizados para ser retirado por empresas autorizadas para su recuperación o reciclaje y valorización.

3. SOCIEDAD CIVIL, CONSUMIDORES Y USUARIOS:

Su rol está dado por las exigencias de calidad y duración al comprar un equipo y por el grado de sensibilización ambiental que se pueda lograr en ellos. El usuario (consumidor, empresa o institución) deberá comprometerse a entregar los equipos fuera de uso en centros de acopio autorizados o centros de recuperación, a fin de lograr un manejo apropiado.

¹¹⁹ El sistema de financiamiento propuesto es preliminar y debe ser analizado con mayor detalle.

Las empresas a su vez, podrán gestionar sus equipos fuera de uso de distintas formas, de común acuerdo con la empresa productora, para la entrega de los mismos o bien ingresarlo a un centro de acopio o de recuperación en forma directa.

4. CENTROS DE RECUPERACION PARA SEGUNDO USO:

Su rol es fundamental para reducir la corriente de residuos electrónicos, desfasando el fin de la vida útil de los equipos en dos o tres años mediante un segundo uso. Al igual que los productores, su rol en la educación de los consumidores es fundamental, a través de campañas de fomento a la recuperación y se propone buscar alianzas con empresas recicladoras o centros de acopio para reforzar el tema de logística de transporte.

5. DESTINATARIOS FINALES: empresas de reciclaje, recuperación para exportación y empresas de disposición final

Tras un correcto sistema logístico y de transporte, donde se reciban, almacenen y clasifiquen los residuos electrónicos, éstos podrán ser enviados a distintas empresas privadas para su valorización, ya sea recuperación de metales a nivel nacional o internacional y la disposición adecuada de la fracción peligrosa.

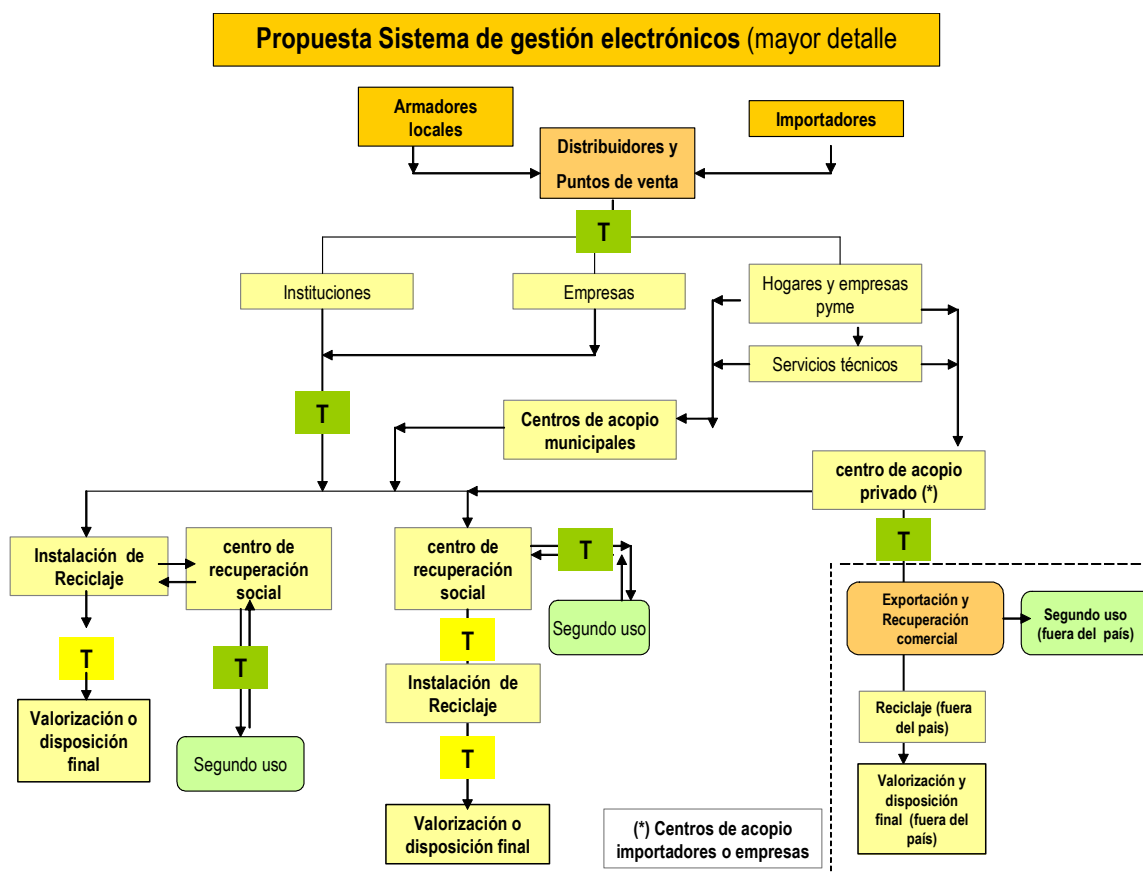


Figura 2.26 Diagrama detallado de sistema de gestión que considera las alternativas existentes

Propuesta para la puesta en marcha del sistema de gestión

Cualquier sistema de gestión a nivel nacional, debe ser implementado de manera gradual. Por ello, se propone realizar su puesta en marcha inicialmente de manera voluntaria en la Región Metropolitana como un plan piloto, donde se concentra la mayor proporción de población usuaria de equipos electrónicos además de la mayor parte de las entidades de reciclaje y recuperación.

La implementación del sistema de gestión debería ser respaldada, en primera instancia, por los principales productores, asociados a la mesa de trabajo de CONAMA los que por una iniciativa común buscan solución a los residuos generados por sus productos. Dado que la generación de normativa necesaria es un proceso que toma algún tiempo, la puesta en marcha debe ser de carácter voluntario. Dado que en la Mesa de trabajo de CONAMA también están involucrados otros actores del futuro sistema de gestión, como instituciones de recuperación social, empresas de recuperación privadas y empresas de reciclaje, se posibilita la puesta en marcha propuesta en el corto plazo. Dentro de las acciones iniciales del sistema de gestión propuesto, la mesa de trabajo de CONAMA ya ha comenzado a evaluar el desarrollo de una campaña de recolección masiva en el corto o mediano plazo.

A la vez debería trabajarse mancomunadamente con el Ministerio de Salud, en los inicios del plan piloto, a fin de establecer y concordar criterios de flexibilización necesarios en la normativa sanitaria para favorecer y potencial las etapas iniciales de recolección y acopio de equipos, y la opción de recuperación, **antes de su entrega a instalaciones de reciclaje**, ya que las mismas manejan equipos pero no los intervienen mayormente, recordando además que en estas etapas, a nivel internacional, los residuos electrónicos no son considerados peligrosos y no requieren permisos especiales.

Adicionalmente, se considera necesario, también en las primeras etapas, el diseñar e implementar instancias de capacitación en el tema, tanto a nivel público como privado, para clarificar efectivamente cuales son los aspectos de la gestión de residuos peligrosos que podrían generar potenciales riesgos a la salud y el ambiente y cuales no, lo cual aportaría en la propuesta de criterios para un manejo apropiado.

El sistema de gestión también requerirá, como punto de partida, las necesarias acciones de capacitación hacia las empresas e instituciones involucradas y la ciudadanía en general.

ACTORES A INVOLUCRAR

PRODUCTORES e INTERMEDIARIOS

Empresas importadoras
Puntos de venta o distribuidoras

VALORIZADORES

Empresas recuperadoras de metales
Empresas de reciclaje
Empresas de recuperación
Municipios

GENERADORES

Empresas usuarias de equipos

REGULADORES Y FISCALIZADORES

CONAMA
Ministerio de Economía
Ministerio de Salud
Seremi Salud RM
Servicio de Aduanas

4. APORTES DEL ESTUDIO A LOS INDICADORES DEL PROYECTO

El objetivo del Proyecto fondo de Reformas es introducir la REP de manera paulatina en el país, con el fin de poder aprobar su factibilidad económica, social y ambiental, mediante la introducción de la REP en forma voluntaria en sectores productivos y, en paralelo, la creación de legislación referente a la REP que se incorpore en el marco jurídico respecto de la gestión de Residuos. Bajo este marco de acción el aporte del estudio a los indicadores del proyecto se focalizó en los siguientes elementos:

- Tasa de generación de residuos electrónicos.
- Identificación de alternativas tecnológicas de valorización con mayor viabilidad de implementación en el corto y mediano plazo.
- Identificación de los actores que actualmente interactúan en la cadena de distribución y comercialización de productos electrónicos y, por tanto, en la generación de sus residuos.
- Identificación de aspectos clave que requieren ser regulados.
- Propuesta de sistema de gestión con actores y roles, así como acciones a desarrollar en el corto y mediano plazo, en forma voluntaria por las empresas del sector a fin de generar directrices para la operatoria del Sistema de Gestión bajo los conceptos de Responsabilidad Extendida del Productor y Gradualidad.
- Propuesta de puesta en marcha del sistema de Gestión en la RM (mayor concentración de residuos).

BIBLIOGRAFIA

- ACEPESA. 2003. Diagnóstico del manejo integrado y sostenible de los desechos de componentes electrónicos en Costa Rica.
- ACEPESA. 2004. Estrategia Nacional para el Manejo Integrado y Sostenible de Desechos de Artefactos Eléctricos y Electrónicos
- ACEPESA. 2007. Gestión de residuos electrónicos en Costa Rica: sistematización de la experiencia. Proyecto Bilateral Costa Rica-Holanda Fase I y II 2003-2007
- BOENI H. 2007(a). Flujo de residuos electrónicos en Chile. EMPA Material Science and Technology
- BOENI H. 2007(b). Gestión y Manejo Integral de Residuos Electrónicos y Eléctricos Presentación en Foro sobre experiencias Internacionales y Nacionales Bogotá, 27 de Abril 2007
- BOENI H., U. Silva, D. Ott. 2007. Reciclaje de residuos electrónicos en América latina: panorama general, desafíos y potencial. EMPA SUR.
- BORNAND P. 2007. Sistema de Gestión de Residuos Electrónicos en Suiza. SWICO Environmental Commission. Reunión Residuos Electrónicos Y Responsabilidad Extendida Del Productor. Plataforma SUR IDRC, noviembre 7
- CNPML. 2008. Manual técnico para el Manejo de Residuos eléctricos y electrónicos. Medellín Colombia
- DIRECTIVA 2002/96/CE sobre desechos de equipos eléctricos y electrónicos de 27 de enero de 2003 (WEEE)
- ECO TV 2007. Desarrollo de estrategias para el reciclado de TRC. Programa Interreg III C SUR España
- ESPAÑA. 2005. Real Decreto 208 sobre Residuos Electrónicos.
- FERNÁNDEZ G. 2007. Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Sudamérica.
- D. GARCÉS, U. SILVA. 2008. Responsabilidad Extendida del Productor en la Gestión de Residuos Electrónicos: Un Modelo Replicable en Chile. Presentación IV Jornadas de Derecho Ambiental Santiago de Chile – 26 de junio
- EPA 530-R-08-009. 2008 ELECTRONICS WASTE MANAGEMENT IN THE UNITED STATES APPROACH 1, disponible en www.epa.gov/osw/conserves/materials/ecycling/docs/app-1.pdf
- GAIKER, 2007. Reciclado de Materiales: Tecnologías, perspectivas y oportunidades. Departamento de Innovación y Promoción Económica, biakaia, España.
- GERENS S.A. 2007. Análisis Económico-Estratégico de la Industria de Telefonía Móvil en Chile.
- IFEU 2008. Recopilación y análisis de experiencias internacionales en aplicación de la Responsabilidad Extendida del Productor. Instituto para la Investigación de Energía y Medio Ambiente de Heidelberg, Alemania.
- LAGREGA M., P. BUCKINGHAM, S. EVANS. 1996. Gestión de Residuos Tóxicos, tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. The Environmental Resources Management Group (ERM), Ed. Mc Graw Hill.
- MINISTERIO DE ECONOMIA, 2008. Plan de Acción Digital 2008-2010 Secretaria Ejecutiva Estrategia Digital

- OECD. 2003. Technical Guidance For The Environmentally Sound Management Of Specific Waste Streams: Used And Scrap Personal Computers (ENV/EPOC/WGWPR(2001)3/FINAL)
- OPEN RESEARCH. 2004. Paying the price?. A Total Cost of Ownership comparison between new and refurbished PCs in the small business, NGO and school in Africa (www.openresearch.co.za)
- PRINCE-COOKE.2006. Estudio final sobre PCs en LAC. SUR –IDRC
- PRINCE A. 2008. Descripción cualitativa del problema de los residuos informáticos en Argentina. Análisis y propuestas.
- RECICLA – FUNDACIÓN CASA DE LA PAZ. 2007. Residuos electrónicos, la nueva basura del siglo XXI. Una amenaza, una oportunidad. Ediciones Casa de la paz
- RELAC SUR. 2007. Panorama sobre proyectos y experiencias de reacondicionamiento y reciclaje de PC en Latinoamérica y el caribe. www.relac.com
- ROA F. 2007. Avances hacia una estrategia nacional de manejo de los residuos electrónicos. Tecnología en Marcha. Vol. 20-1 - 2007.
- STUEBING B. 2007. Generación de residuos electrónicos en Chile. Análisis de la situación actual y estimación presente y futura de los volúmenes de residuos de computadores, utilizando el modelo de flujo de materiales. Tesis de Maestría, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering (ENAC), Institute of Environmental Science and Technology (ISTE), Environmental Sciences and Engineering Section (SSIE), Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL).
- SUBTEL. 2008. Informe Anual De Actividad Del Sector Telecomunicaciones Año 2007.
- Telefónica España 2007. Residuos Electrónicos. Fecha de consulta marzo 2008. (Disponible en www.telefonica.com).
- TOWNSEND, T. G., MUSSON, S. E., JANG, Y. C., TOWNSEND, T. G., AND CHUNG, I. H. 2000. Characterization of lead leachability from cathode ray tubes using the toxicity characteristic leaching procedure. *Environmental Science and Technology*, 34(20): 4376-4381
- UNEP 2006. Documento De Orientación Sobre El Manejo Ambientalmente Racional De Teléfonos Móviles Usados Y Al Final De Su Vida Útil. UNEP/CHW.8/2/Add.3
- UNEP. 2006 (b). Guideline on Material Recovery and Recycling of End-of-Life Mobile Phones
- UNEP, 2007. Evaluación de la gestión de riesgos del hexabromobifenilo. UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.3
- SWICO, 2008. SWICO RECYCLING, 2008 Activity Report.
- WOLFENBERGER M. (2009). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Electrónicos en Santiago de Chile enfocado en el Sector Informal (RELAC/IDRC/EMPA).

Paginas web citadas

- www.rrrtic.net: pagina web de administración de contenidos sobre e-waste.
- www.epa.gov/epaoswer/osw/conservation/plugin/index.html sitio Plug-In To eCycling.
- The Basel Convention Partnership Programme MPPI: <http://www.basel.int/industry/mppi.html> pagina convenio Basilea.
- www.ewasteguide.info sitio documentación e-waste.
- <http://ec.europa.eu/environment>: pagina sobre legislación europea.
- <http://eur-lex.europa.eu> : página sobre directivas CE.

- www.epeat.net: página sobre estándares electrónicos, Estados Unidos
- www.chilenter.cl

ANEXOS