

**GUÍA PARA EL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O  
PERIFÉRICOS MEDIANTE PRODUCCION MAS LIMPIA EN INSTITUCIONES DE  
EDUCACIÓN BÁSICA EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

**WILLIAM ANDRÉS GALVIS SARRIA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI, JUNIO DE 2012**

**GUÍA PARA EL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O  
PERIFÉRICOS MEDIANTE PRODUCCION MAS LIMPIA EN INSTITUCIONES DE  
EDUCACIÓN BÁSICA EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

**WILLIAM ANDRÉS GALVIS SARRIA**

**Trabajo de grado para optar el titulo de Maestría en Ingeniería Industrial con énfasis  
en Calidad y Medio Ambiente**

**Tutor Msc. Andrés López Astudillo**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI, JUNIO DE 2012**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Cali, junio de 2012**

## Contenido

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
2.	OBJETIVOS.....	18
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3.	MARCO TEÓRICO.....	19
3.1.	DESARROLLO SOSTENIBLE .....	19
3.2.	RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR .....	19
3.3.	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN .....	22
3.4.	GREEN IT – TECNOLOGÍAS VERDES.....	23
4.	MARCO CONCEPTUAL .....	24
4.1.	CLASIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	24
4.2.	RESIDUOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	25
4.2.1.	Situación de los RAEE a nivel mundial .....	29
4.2.2.	Situación de los RAEE en LAC y en Colombia .....	31
4.3.	MARCO NORMATIVO DE LOS RAEE .....	32
4.3.1.	Internacional .....	32
4.3.2.	Nacional .....	33
4.4.	GESTIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS .....	37
4.5.	LINEAMIENTOS TÉCNICOS DEL MAVDT PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS. ....	40
4.5.	DESARROLLO CONCEPTUAL DE LA GUÍA. ....	41
4.5.2.	identificación de las necesidades y mecanismos. ....	42
4.5.3.	Desarrollo y consolidación de la guía. ....	42
4.5.4.	Estrategias de gestión integral.....	42
5.	METODOLOGÍA .....	46

5.1.	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN DE COMPUTADORES EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN. ....	46
5.1.1.	Selección de las instituciones (muestra) objeto de evaluación.....	46
5.1.2.	Adquisición, uso y gestión de computadores en las instituciones de educación básica analizadas. ....	46
5.1.3.	Clasificación y caracterización de los equipos dados de baja. ....	47
5.2.	DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.....	48
5.3.	ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS GENERADOS EN EL TOTAL DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN.....	48
5.3.1.	Proyección base instalada (BI): .....	48
5.3.2.	Proyección base instalada segmentada (BIS):.....	49
5.3.3.	Análisis de vida útil: .....	49
5.3.4.	Factor de reacondicionamiento (FR):.....	49
5.3.5.	Estimación de residuos generados.....	49
5.3.6.	Análisis de flujo de materiales: .....	50
	.....	54
5.4.1.	Identificación de las necesidades y mecanismos.....	54
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	56
6.1.	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN DE COMPUTADORES EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN. ....	56
6.1.1.	Generalidades de las instituciones .....	56
6.1.2.	Adquisición y compra de equipos .....	57
6.1.3.	Base instalada.....	58
6.1.4.	Usos principales: .....	63

6.1.5.	Resultados revisión técnica de la base instalada.....	65
6.1.6.	Frecuencia de uso .....	67
6.1.7.	Mantenimiento: .....	67
6.1.8.	Almacenamiento de equipos dados de baja. ....	67
6.1.9.	Residuos de computadores generados.....	69
6.1.10.	Resultados revisión técnica de los residuos presentes en las instituciones.	71
6.1.11.	Potencial de reacondicionamiento. ....	73
6.1.12.	Reuso y/o reacondicionamiento.....	75
6.1.13.	Baja de Equipos .....	77
6.2.	DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.....	77
6.3.	ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE RESIDUOS DE COMPUTADORES. ....	80
6.3.1.	Proyección población estudiantil.....	81
6.3.2.	Proyección base instalada (BS):.....	81
6.3.3.	Proyección base instalada segmentada (BIS):.....	82
6.3.4.	Análisis de vida útil .....	83
6.3.5.	Factor de reacondicionamiento (FR):.....	83
6.3.6.	Método de generación Base Instalada-Vida Útil. ....	84
6.3.7.	Análisis de flujo de materiales: .....	87
7.	GUÍA.....	95
7.1.	PROCESOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE CÓMPUTO. ....	96
7.2.	MANEJO DE INVENTARIOS.....	101
7.3.	ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS: .....	103

7.4.	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS .....	105
7.4.1.	Reuso directo .....	106
7.4.2.	Reacondicionamiento .....	106
7.4.3.	Reciclaje.....	107
	Reciclaje de componentes sin pérdida funcional.....	107
	Reciclaje de materiales.....	109
7.4.4.	Herramientas y equipos auxiliares requeridos: .....	111
7.4.5.	Protección personal.....	112
7.4.6.	Recursos humanos.....	112
7.4.7.	Lineamientos técnicos en cada una de las etapas del proceso.	
7.6.	BAJA DE EQUIPOS.....	128
7.6.1.	Baja parcial.....	128
7.6.2.	Baja total. ....	128
7.6.3.	Diagrama de procesos de baja de equipos.....	130
7.8.1.	Mantenimiento.....	140
8.	IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA Y SUS BENEFICIOS EN TERMINOS DEL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS.....	141
8.1.1.	Reducción: .....	141
8.1.2.	Aprovechamiento:.....	141
8.1.3.	Eliminación de flujos indeseado.....	142
9.	CONCLUSIONES .....	145
10.	RECOMENDACIONES. ....	147
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	148

## LISTA DE FIGURAS

### PAG

Figura 1. Desarrollo Global de Tecnologías de la Información y la Comunicación, 1998 - 2009 .....	22
Figura 2. Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones públicas.....	51
Figura 3. Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones privadas.....	52
Figura 4. Evolución de la base instalada.....	60
Figura 5. Base instalada Institución educativa Normal Superior.....	61
Figura 6. Institución educativa Gabriela Mistral.....	61
Figura 7. Institución educativa José Eusebio Caro. Salas 1 y 3 .....	61
Figura 8. Institución educativa Colombo Francés.....	62
Figura 9. Institución educativa Francisco Antonio de Ulloa. ....	62
Figura 10. Institución educativa Seminario Menor Arquidiocesano Popayán. ....	62
Figura 11. Estadística en preferencias en marcas de PC.....	65
Figura 12. Estadística en preferencias en marcas de procesadores .....	66
Figura 13.. Estadística en capacidades de memoria RAM .....	66
Figura 14. Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos. Normal superior.....	68
. Figura 15. Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos. José Eusebio Caro.....	68
Figura 16. Gabriela Mistral. Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos.....	69
Figura 17. Colegio Champagnat de Popayán.. Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos. ....	69



Figura 18. Estadística marcas de PC en residuos.....	72
Figura 19. Estadística marcas de procesadores en residuos. ....	72
Figura 20. Estadística marcas de capacidad de memoria RAM en residuos. ....	73
Figura 21. Estadística marcas de board en residuos.....	73
Figura 22. Institución educativa Colombo Francés. Componentes de. Residuos de computadores y periféricos empleados en el programa de “técnicos de sistemas” en convenio con el SENA. ....	76
Figura 23. Institución educativa José Eusebio Caro. Componentes de. Residuos de computadores y periféricos empleados en programas de electrónica básica y mantenimiento de computadores. ....	76
Figuran 24. Residuos de computadores y/o periféricos a las afueras de la institución educativa la industrial. ....	79
Figura 25. Zona de disposición final de residuos electrónicos en corregimiento el Cairo, zona rural del Municipio de Cajibío (Cauca).....	80
Figura 26. Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones públicas. ....	87
Figura 27. Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones privadas.....	88
Figura 28. Flujos estimados de residuos de computadores y periféricos para instituciones públicas.....	90
Figura 29. Flujos estimados de residuos de computadores y periféricos para instituciones privadas.....	91
Figura 30. Análisis comparativo de flujos de materiales en las etapas de postconsumo sector público .....	93
Figura 31. Análisis comparativo de flujos de materiales en las etapas de postconsumo sector privado .....	94
Figura 32. Formato estudio de conveniencia para adquisición de equipos de cómputo. .	97
Figura 33. Formato de certificado de disponibilidad presupuestal para adquisición de equipos de cómputo.....	98
Figura 34. Formato de ingreso (Digital) FI4.....	98

Figura 35. Diagrama de proceso adquisición de equipos.....	99
Figura 36. Formato de Inventario General (FIG). .....	102
Figura 37. Formato de inventario personal A22 .....	102
Figura 38. Formato de reintegro de elementos al Almacén (Digital):.....	103
Figura 39. Formato de egreso de elementos (Digital) .....	103
Figura 40. Diagrama estrategia jerarquizada de gestión de residuos.....	105
Figura 41. veleta electrónica en el marco de la plataforma educativa del CENARE. ....	108
Figura 42. Fotomóvil en el marco de la plataforma educativa del CENARE .....	108
Figura 43. Diagrama de procesos para aprovechamiento de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones de educación básica.....	113
Figura 44. Reacondicionamiento y reparación de equipos de cómputo.....	114
Figura 45. Destrucción del disco duro con un taladro.....	117
Figura 46. Metodología de clasificación de residuos peligrosos.....	127
Figura 47. Acta solicitud baja equipos de cómputo .....	129
Figura 48. Acta de inspección ocular a equipos de cómputo a dar de baja .....	129
Figura 49. Formato Acta de avalúo a equipos de computo dados de baja .....	130
Figura 50. Diagrama de procesos de baja de equipo .....	130
Figura 51. Materiales obtenidos en la estabilización de tarjetas de circuito impreso. ...	135
Figura 52. diagrama de flujo de de residuos en el marco de la aplicación de la Guia....	143

## LISTA DE TABLAS

	PAG
Tabla 1. Tipos de productos bajo REP.....	21
Tabla 2. Crecimiento Uso de Internet en el Mundo y América Latina, 2000-2007 .....	23
Tabla 3. Definiciones de e-waste según varias entidades expertas en el tema .....	26
Tabla 4. Categorías de e-waste según la Directiva de la UE sobre RAEE (EU 2002) .....	27
Tabla 5. Clasificación de componentes de e-waste según la Directiva WEEE .....	28
Tabla 6. Cifras clave de la generación y recolección de algunos países de la OCDE .....	30
Tabla 7. Indicadores del desarrollo del sector TIC en Colombia, LAC y en otros países..	32
Tabla 8. Marco legal para la gestión de residuos en Colombia .....	34
Tabla 9. Precios de compra de algunos metales.....	39
Tabla 10. Sector al que pertenece cada institución.....	56
Tabla 11. Población estudiantil en las instituciones educativas.....	57
Tabla 12. Cantidad de CPU reportadas por institución.....	58
Tabla 13. Cantidad de monitores reportados por institución.....	58
Tabla 14. Cantidad de monitores reportados por institución.....	58
Tabla 15. Crecimiento histórico de la base instalada. ....	59
Tabla 16. Promedio de estudiantes por computador.....	60
Tabla 17. Requerimientos mínimos de hardware. ....	64
Tabla 18. Característica técnicas portátiles.....	65
Tabla 19. Intensidad de uso diario .....	67
Tabla 20. Residuos de computadores y/o periféricos.....	70
Tabla 21. Pesos promedio de equipos de cómputo. ....	70
Tabla 22. Residuos en peso (Kg) generados por las instituciones. ....	70

Tabla 23. Producción per capita de residuos actualmente .....	71
Tabla 24. Características mínimas para reacondicionamiento de equipos. ....	74
Tabla 25. Tipos de generadores: .....	78
Tabla 26. Población estudiantil proyectada hasta el año 2035.....	81
Tabla 27. Proyección base instalada a 2035.....	81
Tabla 28. Proyección base instalada segmentada .....	82
Tabla 29. Parámetros considerados para estimación de residuos generados.....	83
Tabla 30. Consideraciones para la estimación de flujos Residuos de computadores en inst. publicas. ....	89
Tabla 31. Consideraciones para la estimación de flujos Residuos de computadores en inst. privadas .....	89
Tabla 32. Porcentaje en peso de materiales de resisuos de computadores y perifericos. 93	
Tabla 33. Ahorros de energía obtenidos del proceso de reciclaje de RAEE.....	96
Tabla 34. Ficha de proceso para la adquisición de equipos de computo.....	97
Tabla 35. Criterios a tener en cuenta en el proceso de adquisición .....	100
Tabla 36. Eco etiquetas ambientales para equipos de computo. ....	101
Tabla 37. Elementos de protección personal .....	112
Tabla 38. Lineamientos técnicos desensamble inicial de computadores.....	118
Tabla 39. Lineamientos técnicos desensamble de periféricos.....	119
Tabla 40. Lineamientos técnicos desensamble de monitores CRT. ....	120
Tabla 41. Lineamientos técnicos desensamble de monitores LCD .....	122
Tabla 42. Lineamientos técnicos desensamble de monitores LCD .....	123
Tabla 43. Descripción categorías de clasificación de residuos peligrosos aplicables a computadores y/o periféricos. ....	124
Tabla 44. Ficha de proceso para procedimientos de baja de equipos. ....	128
Tabla 45. Campañas de gestión de residuos en el marco de REP en Colombia.....	138

## LISTA DE ANEXOS

	PAG
ANEXO A. RESULTADOS REVISIÓN TÉCNICA DE LA BASE INSTALADA.....	151
ANEXO B. REVISIÓN TÉCNICA COMPUTADORES DADOS DE BAJA.....	153
ANEXO C. ANÁLISIS DE FLUJO DE BIENES SECTOR PÚBLICO.....	160
ANEXO D CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS DE ACUERDO O EL GRADO DE PELIGROSIDAD.....	166
ANEXO E SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL LITO S.A.....	167
ANEXO F. PARALELO IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA N. SUPERIOR.....	168
ANEXO G. PARALELO IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA JOSÉ E. CARO.....	173
ANEXO H. PARALELO IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA GABRIELA M.....	178
ANEXO I PARALELO IMPLEMENTACIÓN FRANCISCO A.DE ULLOA.....	183
ANEXO J. PARALELO IMPLEMENTACIÓN COLOMBO FRANCÉS.....	188
ANEXO K PARALELO IMPLEMENTACIÓN SEMINARIO M. ARQUIDIOSESANO.....	193
ANEXO L PARALELO IMPLEMENTACIÓN COLEGIO CHAMPAGNAT.....	198

## INTRODUCCIÓN

La producción global de tecnologías de información y comunicación experimenta actualmente la expansión industrial más grande de la historia, por la elevada demanda de productos electrónicos, en especial computadores y periféricos; los ciclos de innovación de estos equipos se hacen cada vez más cortos y su sustitución se acelera, lo cual genera un incremento progresivo de residuos electrónicos, que frente a procesos de disposición inadecuada y la presencia de compuestos tóxicos en su estructura, los convierte en residuos potencialmente peligrosos y de alto impacto a la salud humana y al medio ambiente.

En 1994 se estimaba que aproximadamente 20 millones de PC quedaron obsoletos. Hacia 2004, esa cifra se había incrementado a más de 100 millones de PC (Culver 2005). Este flujo de desechos cada vez mayor se está incrementando, dado que el mercado global de PC está lejos de saturarse y el ciclo de vida de un PC esta acortándose rápidamente.

Según un informe de Greenpeace (Cobbing, 2008), un aspecto importante de la problemática global de residuos electrónicos, son los así llamados flujos escondidos (“hidden flows”). Para los 27 países de la Unión Europea se estima una generación de 8,7 millones de toneladas de residuos electrónicos al año, es decir más de 15 kg por persona, pero solo 2,1 millones de toneladas (25%) son retomadas y aprovechadas. Los restantes 6,6 millones de toneladas (75%), se definen como el flujo escondido, si permanecen almacenados, llegan a una disposición inadecuada o son exportados para ser utilizados, reciclados o dispuestos en países en vías de desarrollo.

Los aparatos electrónicos están compuestos de diversos materiales, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a su origen y composición:

En promedio, más del 70% del peso de los equipos de informática y telecomunicaciones obsoletos esta en los metales, los plásticos y su respectiva mezcla, así: Metales 43,6%, Plásticos 27,7%, Vidrio 19,5%, mezcla metal-plástico 5,3%, tarjetas 2,0%, cables 1,3%, cables 1,3%, sustancias peligrosas 0,5%. (Fuente: Swico 2006).

Dentro de los compuestos tóxicos, se destacan: el Cadmio, cuyos compuestos son cancerígenos para el ser humano; el Plomo, se puede acumular en el organismo

mediante la exposición reiterada y tener efectos irreversibles sobre el sistema nervioso; los ftalatos, interfieren el normal desarrollo en infantes; el Antimonio, reconocido como posible cancerígeno en humanos, Bifenilos Policlorados, se les asocia con un amplio rango de efectos tóxicos que incluyen la supresión del sistema inmunológico, afecciones en el hígado, entre otros; Clorobencenos, sustancia química que actúa como disruptor endocrino y posiblemente cancerígeno para los humanos.

De acuerdo con estudios técnicos previos realizados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2008, sobre la generación y gestión de residuos de computadores y periféricos se obtuvo la siguiente información: En Colombia en los últimos 7 años se ha generado cerca de 45000 toneladas de residuos de PCs, monitores y periféricos. Se estima que solo durante el año 2007, se generaron entre 6.000 y 9.000 toneladas de residuos de computadores, monitores y periféricos, lo que corresponde a 0.1 y 0.15 Kg por persona.

Las proyecciones indican que en Colombia al año 2013 se podrían generar entre 80.000 y 140.000 toneladas de residuos de computadores y periféricos, si no se avanza en su recolección y gestión ambientalmente adecuada

Ante este panorama, se hace necesario que las políticas públicas relacionadas con gestión ambiental de los residuos electrónicos se enfoquen a la prevención y deben regirse por principios como la responsabilidad extendida al productor, estrategias de Logística Reversiva y Producción más Limpia, en el marco del ciclo de vida del producto.

Recientemente en Colombia han surgido una serie de iniciativas de orden político y técnico en relación a la gestión de residuos eléctricos y electrónicos como respuesta a la acelerada dinámica de producción de equipos de informática y telecomunicaciones y la disminución del ciclo de vida de estos productos.

Dentro de las iniciativas destacadas a nivel internacional, por sus buenos resultados como enfoque de política ambiental e instrumento político administrativo, económico e informativo en relación a la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos, surge el modelo de Responsabilidad Extendida del Productor (REP); modelo implementado por el Instituto Suizo de Investigación en Ciencias de los Materiales y Tecnología (EMPA), el cual compromete e integra a productores, distribuidores, consumidores y gobierno y favorece en las empresas productoras y distribuidoras de residuos eléctricos y electrónicos la adquisición de un conocimiento sistémico de las necesidades presentes y futuras de sus clientes.

Por otra parte, dentro de los componentes de residuos electrónicos, se encuentran materiales susceptibles de reincorporar al ciclo productivo en la elaboración de

computadores, metales como oro, plata, cobre, acero, aluminio, plomo y hierro adquieren un importante valor agregado para el medio ambiente, en la medida en que se ahorran procesos de explotación minera, los cuales generan un alto impacto negativo en el ambiente.

Por último, en Colombia no existe infraestructura organizada para reciclar computadores y/o periféricos, lo cual genera un riesgo potencial para el pequeño reciclador, ante la aparición de actividades de recuperación artesanal, desprovista de sistemas de protección frente a la manipulación y exposición a materiales tóxicos y peligrosos.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción global de tecnologías de información y comunicación experimenta actualmente la expansión industrial más grande de la historia, por la elevada demanda de productos electrónicos, en especial computadores y periféricos; los ciclos de innovación de estos equipos se hacen cada vez más cortos y su sustitución se acelera, lo cual genera un incremento progresivo de residuos electrónicos, que frente a procesos de disposición inadecuada y la presencia de compuestos tóxicos en su estructura, los convierte en residuos potencialmente peligrosos y de alto impacto a la salud humana y al medio ambiente.

Dentro de los compuestos tóxicos, se destacan: el Cadmio, cuyos compuestos son cancerígenos para el ser humano; el Plomo, se puede acumular en el organismo mediante la exposición reiterada y tener efectos irreversibles sobre el sistema nervioso; los ftalatos, interfieren el normal desarrollo en infantes; el Antimonio, reconocido como posible cancerígeno en humanos, Bifenilos Policlorados, se les asocia con un amplio rango de efectos tóxicos que incluyen la supresión del sistema inmunológico, afecciones en el hígado, entre otros.

Por otra parte, dentro de los componentes de residuos electrónicos, se encuentran materiales susceptibles de reincorporar al ciclo productivo en la elaboración de computadores, metales como oro, plata, cobre, acero, aluminio, plomo y hierro adquieren un importante valor agregado para el medio ambiente, en la medida en que se ahorran procesos de explotación minera, los cuales generan un alto impacto negativo en el ambiente.

Esta problemática sumada a la falta de sistemas de gestión que garanticen un tratamiento y disposición adecuada ha generado una acumulación progresiva de este tipo de residuos al interior no solo de las empresas e instituciones sino también en las viviendas. Al respecto en Colombia se han implementado múltiples estrategias en cabeza del Gobierno Nacional, el Centro Nacional de Producción mas Limpia, el sector privado y el EMPA, entre otros organizaciones nacionales e internacionales, en el marco de políticas de responsabilidad extendida del productor y gestión de RAEE, sin embargo estas iniciativas se han llevado a cabo a nivel de grandes centros urbanos como Bogota, Cali, Medellin y Barranquilla. En el caso del municipio de Popayán no se han implementado este tipo de estrategias debido a los bajos niveles de industria, Además en el sector publico se han identificado niveles altos de generación de RAEE en espacial de computadores y periféricos que no están siendo manejados adecuadamente por la falta de gestión en las etapas del ciclo de vida, la ineficiencia en procesos internos y la falta de seguimiento y control por parte de la autoridad ambiental.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una guía que permita el cierre de ciclo de vida de residuos de computadores y/o periféricos, mediante Producción mas Limpia en instituciones de educación básica en el municipio de Popayán.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer la situación actual de compra, uso y disposición final de residuos de computadores y/o periféricos a escala global, regional y local.
- Llevar a cabo un diagnostico de las etapas del ciclo de vida en el que la instituciones de educación básica del municipio de Popayán participan determinando fuentes de generación, características de los residuos, sistema actual de gestión, debilidades operacionales y establecer cuantitativamente las perdidas, residuos, desechos y entradas al sistema.
- Diseñar una guía que permita el cierre de ciclo de vida de residuos de computadores y/o periféricos, mediante Producción mas Limpia en instituciones de educación básica en el municipio de Popayán.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. DESARROLLO SOSTENIBLE**

Se considera el concepto de desarrollo sostenible como aquel que apunta a la generación de riqueza, a la elevación de la calidad de vida, al bienestar de la sociedad en su conjunto, tomando en cuenta al Medio Ambiente, donde los componentes económico, social y ambiental deben estar articulados en una perspectiva de desarrollo que busque un bienestar colectivo; en esta medida el conocimiento y la tecnología se vuelven inherentes a una propuesta integrada de desarrollo.

Dentro de la amplia gama de temas que guardan relación con la problemática ambiental y que en los últimos años ha tomado fuerza en los programas de protección del medio ambiente a nivel mundial y en Colombia, se encuentra la gestión de los residuos sólidos; el incremento en la generación de residuos sólidos de los municipios y su inadecuado manejo se constituyen en un serio problema para la salud y el medio ambiente. Ante esta problemática el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial cumpliendo el rol propio de sus funciones como entidad territorial, expide las políticas que deben aplicar los municipios y las autoridades ambientales en materia del manejo y la disposición final de residuos sólidos; es así como nace la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Los objetivos de la política están ubicados en el marco del desarrollo sostenible y se apoyan en tres fundamentos: "...la minimización del impacto ambiental negativo que causan los residuos, el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad en general, así como de las condiciones sociales, de quienes intervienen en las actividades relacionadas con la gestión de los residuos

#### **3.2. RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR**

El concepto de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) fue por primera vez introducido en un informe para el Ministerio de Ambiente de Suecia, Models for extended producer Responsibilities (Lindhqvist and Lidgren, 1990). Sucesivamente, el concepto fue revisado y adaptado. En el año 2000, Lindhqvist lo define así: REP es un principio político para promover la reducción de los impactos ambientales de sistemas de productos durante el ciclo de vida completo mediante extender las responsabilidades del fabricante de un producto hacia varias etapas del ciclo de vida del mismo, en especial

hacia la retoma, el reciclaje y la disposición final. REP se implementa a través de una combinación de instrumentos políticos administrativos, económicos e informativos.

Según la OCDE (2001) REP es un enfoque de política ambiental en el cual la responsabilidad del productor por un producto se extiende hasta el fin del ciclo de vida del producto. Se caracteriza por la transferencia de responsabilidad (física y/o económica, completa o parcial) hacia el productor y el suministro de incentivos a los productores para que tengan en cuenta consideraciones ambientales desde la etapa del diseño del producto.

En relación con e-waste, en varios países ya se han desarrollado políticas que afectan el uso y disposición final de productos eléctricos y electrónicos, obligando a las empresas a ser más responsables. De la misma forma, se ha requerido en algunos países que las empresas también se hagan responsables por la recuperación y disposición de los empaques y contenedores de sus productos, lo que ha fomentado que los productores hagan esfuerzos por buscar innovaciones y reciclabilidad en sus empaques.

Las políticas gubernamentales sobre REP hacen del ambiente una prioridad en las distintas fases del ciclo de vida de productos y servicios, obligando a las empresas a pensar en lo que ocurre fuera de sus instalaciones. Esto conlleva al productor a un análisis minucioso de lo que sus actividades implican hacia arriba y hacia abajo de la cadena productiva y pensar en las acciones correctivas para mitigar los impactos.

Las políticas de REP son también fuentes de oportunidad para que las empresas replanteen sus negocios, pues abren las puertas para crear valor agregado a los clientes a través de la oferta de servicios postventa y de disposición de productos. Así mismo, el tratar de ofrecer una gama de servicios, brinda la oportunidad a la empresa de obtener un mejor conocimiento de las necesidades presentes y futuras de sus clientes.

Los productos que caen bajo un programa de REP se pueden clasificar en cuatro grupos. La Tabla 1 muestra los cuatro grupos con base en dos criterios: el momento cuando un producto es colocado en el mercado y la habilidad de identificar su productor.

Los productos nuevos son los de los grupos A y B. Los productos históricos son los de los grupos C y D. Los productos huérfanos – es decir los productos sin fabricante identificable y por ende “freeriders” – son los de los grupos B y D. Además, la tipología ayuda a aclarar la relación entre cada grupo de productos y los objetivos de la REP.

**Tabla 1. Tipos de productos bajo REP**

Colocado en el mercado.	Condición	Fabricante de un producto	
		Identificable	No identificable
	Después de introducir REP.	A	B
	Antes de introducir REP.	C	D

**Fuente: (Manomaivibool 2007)**

Los productos del grupo A son el blanco principal y más sencillo de un programa de REP por lo que su fabricante es identificable y el producto todavía no ha sido colocado en el mercado. Por eso es posible crear mecanismos e incentivos para el productor de re-diseñarlos. En otras palabras, ambos tipos de objetivos para REP aplican para este grupo.

Los productos del grupo B también son blancos de un programa de REP, pero más bien complicados. A pesar de ser productos nuevos, y sería posible de apuntar a los dos tipos de objetivos, el hecho de que su productor responsable no es identificable lo vuelve irrelevante. Por lo tanto, la más alta prioridad frente a este grupo de productos es reducirlos, ó si es posible eliminarlos. Lo ideal sería que todos los productos nuevos fueron de tipo A. Esta problemática normalmente es más grande en países en vía de desarrollo, en donde el porcentaje de los así llamados “clones” (es decir equipos ensamblados sin marca) es alto.

Los productos de los grupos C y D – los productos históricos – son inevitables para cualquier programa de REP. En este caso únicamente el segundo tipo de objetivos para REP (los mecanismos eficaces de recolección, tratamiento y reciclaje) es pertinente. Por eso un sistema para productos históricos puede solamente buscar a ser rentable de este punto en adelante, por lo que los productos ya no pueden ser re-diseñados. Además, las dimensiones de productos históricos y huérfanos (grupo D) pueden ser considerables. El problema más grande de este tipo de productos es que ya han sido colocados en el mercado y muchas veces sus fabricantes respectivos han desaparecidos del mercado antes de establecer un mecanismo de financiación.

Respecto a eso es importante encontrar una manera de repartir estos gastos entre los fabricantes existentes que venden productos similares. Una posibilidad sería hacerlo según la participación del mercado.

En resumen, un programa eficaz de REP debe:

- Distinguir entre productos nuevos e históricos;
- Prevenir el acontecimiento de nuevos productos huérfanos y freeriders en general; (3) proveer incentivos para el eco diseño en el desarrollo de nuevos productos;

- Asegurar un alto uso de la cualidad del producto y material mediante mecanismos eficaces de recolección, tratamiento, y reuso ó reciclaje (o en el caso de colombia, reacondicionamiento), y
- Establecer un mecanismo aceptable para distribuir los costos relacionados con los productos históricos.

### 3.3. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

El crecimiento acelerado de la industria de tecnologías de la información debido a los avances tecnológicos, exigencia de los consumidores y al incremento en el número de usuarios del servicio de internet en el mundo y en la América Latina (AL) principalmente, lo cual conlleva a la necesidad de adquirir por parte de los usuarios, tecnologías, hardware que tienen una vida útil definida, que al final se convierten en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; tal como se evidencia en Ilustración 1, donde los usuarios de internet a nivel mundial se duplicaron en un periodo de 6 años y de acuerdo al alto nivel de urbanización de la AL (el más alto del mundo) tal como se indica en la Ilustración 2, esta región viene presentando un incremento en el uso de tecnologías de la información, dos veces el del resto del mundo, proporcional al incremento de la problemática de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, principalmente computadores y periféricos.

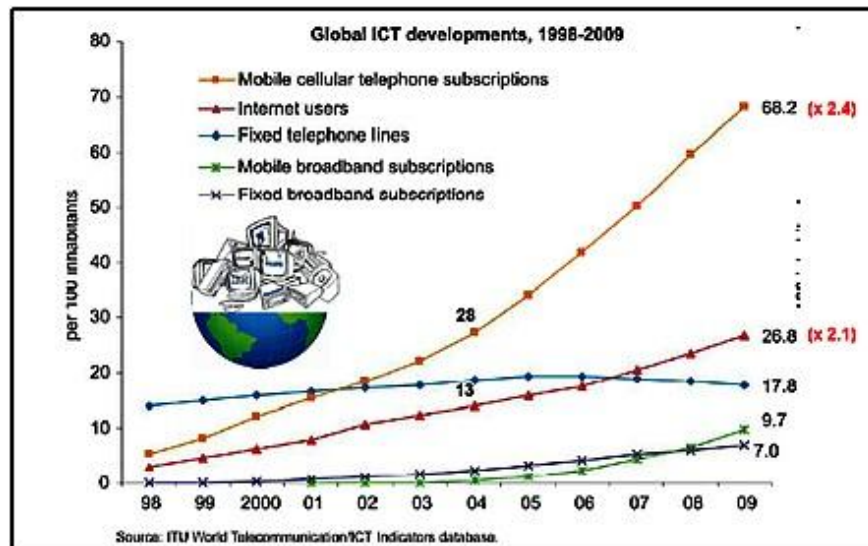


Figura 1 Desarrollo Global de Tecnologías de la Información y la Comunicación, 1998 - 2009

Fuente: DANIEL OTT. 2008

**Tabla 2 Crecimiento Uso de Internet en el Mundo y América Latina, 2000-2007**

Región	Población 2007 (millones)	% población global	Usuarios internet (millones)	Nivel de penetración.	Crecimiento del uso (2000-2007)
América latina	552	8,4%	123	22,2%	590%
Resto del mundo	6'056	91,6%	1'197	19,8%	249%
Total global.	6'607	100%	1'320	20%	266%

Fuente: [www.internetworldstates.com](http://www.internetworldstates.com)

### 3.4. GREEN IT – TECNOLOGÍAS VERDES

Green IT, se refiere al uso eficiente de los recursos computacionales, minimizando impactos ambientales, maximizando su eficiencia y por tanto su viabilidad económica, en el marco de Políticas de Responsabilidad Social.

Algunas de las tecnologías clasificadas como verdes debido a que contribuyen a la reducción en el consumo de energía o emisión de dióxido de carbono son entre otras-. Computación en nube, computación grid, virtualización en centros de datos y teletrabajo.

Las TIC aportan un 2% CO2 de TI de ese 2%, el 39% corresponde a PC y monitores, el 23% a los servidores, el 15% a las telecomunicaciones fijas, el 9% a las telecomunicaciones móviles, el 7% a las LAN y telecomunicaciones de oficina, y el 6% a las impresoras.

Como alternativa de contribución a la disminución de la huella de carbono en corporaciones y a nivel de usuarios, surge la estrategia del tele trabajo o telecommuting. Un reporte emitido por la asociación americana de electrónica, encontró que 1.35 billones de galones de gasolina podrían ser ahorrados si cada trabajador de Estados Unidos, con habilidades para hacer tele trabajo, no se trasladará a las oficinas remotas 1.6 días por semana.

La virtualización permite la maximización de la utilización de estos recursos con ratios desde 4:1 hasta 10:1, reduciendo el espacio físico necesario y el número de componentes y, con ello, disminuyendo la temperatura y la energía necesaria para la climatización y funcionamiento. Además de perseguir la máxima eficiencia energética, *Green IT*, considera otros aspectos como la reducción de los componentes nocivos empleados en la fabricación de productos tecnológicos y la biodegradabilidad o reciclabilidad de los mismos, recogiendo o reutilizando las maquinas obsoletas y fomentando políticas de reciclaje en las empresas. Datos como estos justifican por sí mismos la necesidad de que empresas y centros públicos consideren iniciativas en el ámbito de la *Green IT*.

## 4. MARCO CONCEPTUAL

### 4.1. CLASIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

En Colombia se producen cerca de 7.6 millones de toneladas de residuos sólidos al año. La generación de residuos domiciliarios varía entre 0.3 a 0.8 kg por habitante y día (sumando la carga del residuo institucional, comercial e industrial, se aumenta en un rango de 0.5 a 1.2 kg por habitante y día).

De acuerdo con la composición de los residuos, se encuentra entre un 40% y 70% de carga o materia orgánica; entre 20% a 50% de material con posibilidad de recuperación y reutilización, denominado “inorgánico” o “de reciclaje” y un 10% de material inorgánico no reciclable, inerte y especial. Por otra parte, los costos de recolección y transporte de los residuos varían entre USD 15.- a 40.- por tonelada y su disposición en rellenos sanitarios entre USD 3.- a 10.- por tonelada”.

Algunos estudios de caso demuestran que aproximadamente el 12% de los residuos son recuperados de manera informal (en la ciudad de Medellín).

La clasificación de los residuos sólidos se lleva a cabo de acuerdo al manejo en residuo peligroso, inerte y no peligroso; y según la fuente y actividad generadora en residuos no peligrosos, biodegradables, reciclables, inertes, ordinarios o comunes y residuos peligrosos.

La gestión de residuos sólidos puede ser definida como “la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación o disposición final de residuos sólidos, de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la económica, de la ingeniería, de la conservación de la estética, de otras consideraciones ambientales, y que responde a las expectativas públicas;

El relleno sanitario es uno de los métodos más usados para la disposición de residuos. No obstante, no es un secreto que todos los rellenos de alguna manera gotean. Los lixiviados contienen metales pesados y otras sustancias tóxicas que pueden contaminar el suelo y los recursos de agua. Incluso rellenos muy modernos que están cerrados herméticamente no logran estar completamente sellados a largo plazo. Mercurio, cadmio y plomo están entre las sustancias más tóxicas que se pueden encontrar en los lixiviados. El mercurio por ejemplo se escapa cuando ciertos aparatos electrónicos como cortacircuitos están demolidos. El plomo en cambio se libera sobretodo de los vidrios que contienen plomo como los de los monitores TRC. Cuando plásticos con pirorretardantes bromados o



plásticos que contienen cadmio se echan al relleno, tanto PBDE como cadmio pueden contaminar el suelo y las aguas subterráneas. De manera parecida PCB's tóxicos de los condensadores pueden filtrarse al medio ambiente cuando estos se botan al relleno.

Aparte de la lixiviación, otro gran problema de los rellenos sanitarios es la vaporización. Por ejemplo compuestos volátiles como mercurio o una frecuente modificación del mismo, el dimetileno de mercurio, pueden ser liberados. Además los rellenos son propensos a fuegos sin control que pueden producir humos tóxicos.

Los impactos más significantes de los rellenos pueden ser evitados al solamente botar las fracciones de residuos al relleno que no pueden ser aprovechados y al asegurar que los rellenos cumplan con los estándares ambientales más avanzados.

Por ende el relleno sanitario no es una opción de disposición final para e-waste. Según las consultas con las administraciones de los rellenos sanitarios no existen registros de residuos eléctricos y electrónicos que llegan al relleno. Sin embargo, se conocen casos de computadores, monitores y celulares que fueron encontrados por los trabajadores en el relleno.

Además, los hábitos de disposición confirman que un porcentaje no insignificante está dispuesto por los usuarios junto a los residuos sólidos urbanos. Muy probablemente una gran parte de estos equipos (sobre todo los más grandes y llamativos) terminarán de alguna manera en manos de recicladores formales o informales. No obstante, los equipos pequeños como teléfonos celulares frecuentemente deberían llegar hasta el relleno. En una visita de campo al relleno sanitario en Bogotá se halló un teléfono celular, lo que confirma esta hipótesis.

## **4.2. RESIDUOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS**

El acelerado proceso de crecimiento de la industria de tecnologías de información ha dado origen a un nuevo problema social y ambiental: el manejo y control de los volúmenes crecientes de aparatos y componentes electrónicos obsoletos, en especial los que provienen de la telecomunicación y los sistemas de informática.

Frente a una disposición final inadecuada (i.e. relleno sanitario, incineración, procesos de reciclaje informales o artesanales), los equipos electrónicos postconsumo se convierten en residuos potencialmente peligrosos y de alto impacto al medio ambiente y la salud humana debido a la presencia de algunos compuestos tóxicos en su estructura (i.e. metales pesados, plásticos con materiales pirorretardantes bromados).

Por otro lado los metales preciosos y otros componentes que pueden recuperarse tienen un valor económico importante en el mercado del reciclaje. En Colombia, el reciclaje de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE o e-waste) constituye una oportunidad para la creación de un nuevo mercado, teniendo en cuenta el volumen de equipos en desuso.

Actualmente no existe una infraestructura para reciclar este tipo de residuos en el país y se carece de información general y detallada en cuanto a estudios técnicos y de mercado. Además hay pocas empresas formales que se dedican a reciclar e-waste y en cambio se estima una creciente proliferación de actividades “artesanales” de recuperación, bajo sistemas informales que no garantizan la protección de los trabajadores frente a la manipulación y exposición a materiales tóxicos. Estas condiciones reafirman la oportunidad y conveniencia de un estudio detallado como el presente diagnóstico de la situación actual de la gestión de e-waste en Colombia.

El término e-waste es una abreviación de electronic waste, lo que es equivalente a Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) y en español, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Otros términos conocidos son: e-scrap, e-trash, residuos electrónicos, residuo-e o simplemente chatarra electrónica. La palabra e-waste se refiere a aparatos dañados, descartados u obsoletos que consumen electricidad. Incluye una amplia gama de aparatos como computadores, equipos electrónicos de consumo, celulares y electrodomésticos que ya no son utilizados por sus usuarios. Por la creciente digitalización de los productos anteriormente eléctricos como hornos, calderas y hervidores esta distinción se puso borrosa. Cada vez estos aparatos contienen más circuitos electrónicos y tarde o temprano terminan siendo e-waste.

La siguiente tabla presenta un resumen de diferentes definiciones según importantes entidades involucradas en el tema

**Tabla 3 Definiciones de e-waste según varias entidades expertas en el tema**

<i>Referencia</i>	<i>Definición</i>
<b>Directiva RAEE de la Unión Europea (EU 2002a)</b>	“Todos los aparatos eléctricos o electrónicos que pasan a ser residuos [...]; este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha”. La Directiva 75/442/CEE, Artículo 1(a), define “residuo” como “cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales vigentes”

<i>Referencia</i>	<i>Definición</i>
<b>Red de Acción de Basilea (BAN) (Puckett &amp; Smith 2002)</b>	“e-waste incluye una amplia y creciente gama de aparatos electrónicos que van desde aparatos domésticos voluminosos, como refrigeradores, a acondicionadores de aire, teléfonos celulares, equipos de sonido y aparatos electrónicos de consumo, hasta computadores desechados por sus usuarios
<b>OECD (2001)</b>	“Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil”.
<b>StEP (2005)</b>	El término ‘residuos electrónicos’ se refiere a “... la cadena de suministro inversa que recupera productos que ya no desea un usuario dado y los reacondiciona para otros consumidores, los recicla, o de alguna manera procesa los desechos”.

Fuente: DANIEL OTT, Empa.. 2008.

Según la Directiva de la Unión Europea (2002) el e-waste se clasifica en las siguientes diez categorías:

**Tabla 4. Categorías de e-waste según la Directiva de la UE sobre RAEE (EU 2002)**

<i>N</i> <i>o</i>	<i>Categoría</i>	<i>Etiqueta</i>
1.	Grandes electrodomésticos	Grandes ED
2.	Pequeños electrodomésticos	Pequeños ED
3.	Equipos de informática y telecomunicaciones	TIC
4.	Aparatos eléctricos de consumo	AEC
5.	Aparatos de alumbrado	Alumbrado
6.	Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)	Herr. E & E
7.	Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre	Juguetes
8.	Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados o infectados)	Eq. Medico
9.	Instrumentos de vigilancia y control	V & C
10	Maquinas expendedoras	Expendedoras

Fuente: DANIEL OTT, Empa.. 2008

Los aparatos eléctricos y electrónicos están compuestos de cientos de materiales diferentes tanto valiosos como tóxicos. Por ejemplo oro, plata y paladio son materiales valiosos que se pueden recuperar de e-waste. Aparte de los materiales de valor el e-waste también contiene componentes tóxicos o peligrosos, por ejemplo sustancias cancerígenas como plomo y arsénico. La producción y la liberación de emisiones tóxicas durante el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos dependen mucho del manejo de e-waste. Por lo tanto las sustancias tóxicas y peligrosas que contienen computadores, televisores y teléfonos celulares no automáticamente llevan a riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Ciertos procesos de reciclaje (como por ejemplo la quemadura abierta de cables) aplicadas sobretodo en países en desarrollo o en transición pueden causar graves daños de salud y contaminar de manera persistente aire, agua y suelo. Por ende el proceso de recuperación de materiales - aparte de ser un negocio lucrativo para algunos - también puede ser de alto riesgo para la salud humana y el medio ambiente

En promedio, más del 70% del peso de las TIC obsoleto está en los metales, los plásticos y su respectiva mezcla (Ilustración 3).

Mientras que los metales preciosos ponen un porcentaje relativamente bajo del peso total, sus concentraciones de metales como oro en cambio pueden ser más altas que las de una mina convencional. Otro material importante es el vidrio, sobretodo procedente de las pantallas tipo TRC. Según la experiencia del sistema suizo de reciclaje para las TIC en desuso (Swico), las sustancias y componentes peligrosos ó tóxicas representan únicamente el 0.5 % del peso total.

Tabla 5. Clasificación de componentes de e-waste según la Directiva WEEE (Ogilvie 2004)

Componente (Anexo II Directiva WEEE)	Posible contenido peligroso	Requerimiento (Anexo II Directiva WEEE)	
		Eliminación	Tratamiento
Condensadores con PCB	PCB	X	
Componentes con mercurio	Hg	X	
Baterías	Pb, Cd, Hg	X	
Tarjetas de circuito	BFR, Be	X	O
Plásticos con BFR	BFR	X	
Tubos de rayos catódicos	Pb, F	X	X
CFC, HCFC, HFC y HCs	ODS	X	X
Lámparas de descarga de gas	Hg	X	X
Pantallas LCD	Hg, cristales líquidos	X	O
Cables eléctricos externos	BFR	X	
Componentes con RCF	RCF	X	
Componentes con sustancias radioactivas	Nucleos radioactivos	X	
Condensadores electrolíticos (L/D > 25mm)	"Sustancias de preocupación"	X	
X Eliminación y/o tratamiento exigido		O	Evaluación en proceso por la Comisión Europea
PCB: Policloruro de Bifenilo		ODS:	Gases de efecto invernadero
BFR: Pirorretardantes bromados		RCF:	Fibras refractarias de cerámica

Fuente: DANIEL OTT, Empa.. 2008

La Tabla 4., muestra un resumen de los componentes peligrosos listados en el Anexo II de la Directiva WEEE. Sin embargo, en los aparatos eléctricos y electrónicos existen más tipos de componentes que lo que están listados en el Anexo II por lo que algunos componentes pueden comprender otros componentes (por ejemplo resistencias y condensadores en una tarjeta de circuitos impresos). Por el sentido práctico se supone que el desensamble se enfocará en los componentes que se pueden identificar y desmontar fácilmente.

Más información sobre los impactos específicos de salud de ciertos componentes y sustancias tóxicos en e-waste se puede encontrar en la página web del Programa Suizo de e-waste ([www.ewasteguide.info](http://www.ewasteguide.info)) o en un reciente estudio de Greenpeace (Allsopp 2006)

#### **4.2.1. Situación de los RAEE a nivel mundial**

El uso de aparatos electrónicos ha proliferado en las últimas décadas, y de manera proporcional, la cantidad de aparatos electrónicos como PC, teléfonos móviles y juegos electrónicos que se desechan aumenta rápidamente en todo el mundo. En 1994 se estimaba que aproximadamente 20 millones de PC (cerca de 7 millones de toneladas) quedaron obsoletas. Hacia 2004, esa cifra se había incrementado a más de 100 millones de PC. En cifras agregadas, cerca de 500 millones de PC alcanzaron el fin de su vida útil entre 1994 y 2004. Quinientos millones de PC contienen aproximadamente 2'872'000 toneladas de plástico, 718'000 toneladas de plomo, 1'363 toneladas de cadmio y 287 de mercurio (Puckett y Smith 2002). Este flujo de desechos cada vez mayor se está acelerando, dado que el mercado global de PC está lejos de saturarse y el ciclo de vida de un PC está acortándose rápidamente. Por ejemplo, para las CPU (Unidades Centrales de Procesamiento), de cuatro a seis años en 1997 a dos años en 2005 (Culver 2005)

Los computadores representan tan sólo una fracción de todos los residuos electrónicos. Se estima que en 2005 se recuperaron aproximadamente 130 millones de teléfonos móviles. Además se encontraron cantidades similares de residuos electrónicos para todo tipo de aparatos electrónicos portátiles, como PDA, mp3, juegos computacionales y periféricos (O'Connell 2002)

Según un informe actual de Greenpeace (Cobbing, 2008), un aspecto importante de la problemática global de e-waste son los así llamados flujos escondidos ("hidden flows"). Para los 27 países de la Unión Europea (UE27) se estima una generación de 8.7 millones de toneladas de ewaste al año, es decir más de 15 kg por persona, pero sólo 2.1 millones de toneladas (25%) son retomadas y aprovechadas. Los restantes 6.6 millones de toneladas ó el 75%, se definen como el flujo escondido, por lo que se sabe con seguridad lo que pasa con estos residuos, si permanecen almacenados, llegan a una disposición inadecuada o son

exportados para ser reutilizados, reciclados o dispuestos en países en vía de desarrollo.

Para el año 2005, en Suiza se registraron aproximadamente 100'000 toneladas de waste, lo que corresponde a 10.3 kg per cápita que entraron al sistema de aprovechamiento y reciclaje (SWICO 2006). Se calculó una tasa de reciclaje de aproximadamente el 80%, lo que dejaría un flujo escondido del 20%. Aunque la producción de residuos per cápita en países populosos como China e India todavía es relativamente pequeña, estimada en menos de 1 kg de residuos electrónicos por persona al año, el volumen total absoluto de RAEE generado en esos países es enorme, y cada vez mayor.

Resumiendo se puede decir que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son una de las corrientes de residuos de más rápido crecimiento.

Adicionalmente, algunos países en vía de desarrollo importan cantidades importantes de residuos electrónicos, aun cuando el Convenio de Basilea restringe su comercialización transfronteriza. No existen, sin embargo, cifras disponibles sobre la magnitud de estos flujos transfronterizos de ewaste. Las estimaciones de países que no han ratificado ese Convenio, como por ejemplo los Estados Unidos, indican que el 50–80% del e-waste del país que han sido acopiados no ha sido reciclado en el país, sino enviado a destinos como China (Puckett & Smith 2002).

La siguiente tabla presenta un resumen de cifras clave para algunos países seleccionados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos –OCDE

**Tabla 6 Cifras clave de la generación y recolección de algunos países de la OCDE**

	<b>Suiza</b>	<b>Unión Europea</b>	<b>Estados Unidos</b>	<b>Japón</b>
<b>Categorías de e-waste</b>	Antes: 6 categorías Ahora: Se aplican las 10 categorías de la UUEE.	Las 10 categorías de RAEE según la Directiva WEEE	Productos video, productos audio, computadores, equipos de telecomunicación	N/A
<b>Generación de e-Waste total</b>	Aproximadamente 100'000 toneladas (2005)	Alemania: 1.8 millones de toneladas (2006) Francia: 1.5 millones toneladas Europa: 6 millones toneladas	2.2 millones de toneladas (2000)	Aprox. 600'000 toneladas (2006)
<b>e-Waste por persona</b>	Aprox. 14 kg/hab	13.4 kg/hab.	7.33 kg/hab	4.8 kg/hab

Fuente: [www.ewasteguide.info](http://www.ewasteguide.info) y [www.worldwatch.org](http://www.worldwatch.org)

#### **4.2.2. Situación de los RAEE en LAC y en Colombia**

En latinoamérica, cada una de las etapas del ciclo de vida de los equipos electrónicos presenta particularidades, con las consiguientes limitaciones, obstáculos y oportunidades específicas de gestión. Si bien la preocupación en torno a los residuos electrónicos se centro en un principio en su transferencia desde los países industrializados, diferentes estudios de investigación revelan que Latinoamérica produce sus propios volúmenes de residuos electrónicos en cantidades suficientes para que constituyan un problema y requieran un tratamiento adecuado.

De acuerdo con las cifras que presenta un estudio de A. Prince, los volúmenes aproximados de consumo de PC en LAC indican que alrededor de 94.674.000 de equipos fueron vendidos entre 1983 y 2005, lo que permite estimar que se generaron 439.825,7 toneladas de residuos electrónicos. Las proyecciones realizadas en este estudio indican que en los tres años siguientes (2006-2008) los residuos se incrementarían en 354.575,3 toneladas. Por su parte, en su estudio sobre la generación de residuos electrónicos en Chile , B. Steubing estima que alrededor de 300 mil equipos de escritorio y computadores portátiles pasaron a ser residuos; mientras que para la año 2020 la generación de residuos obsoletos llegara a 1,7 millones anuales. En términos de peso – e incluso considerando los diseños cada vez más livianos-, lo anterior implica que la cantidad de desechos producidos anualmente se triplicara desde 7 mil toneladas durante 2007 a 20 mil toneladas en 2020.

Lo expuesto, que ya significa un importante desafío, plantea un escenario aun más complejo si se considera la composición de dichos aparatos. “Para 2020 –según Steubing- habrá 215 mil toneladas de residuos electrónicos, las que contendrán en su conjunto 2 toneladas de arsénico (suficiente para contaminar 225 millones de litros de agua para consumo humano), 3 toneladas de mercurio, y casi 10 mil toneladas de plomo”.

Una de las particularidades del mercado latinoamericano de PC es su composición, con un alto porcentaje de computadores clonados. Estos son equipos armados localmente en forma artesanal por pequeñas empresas no sujetas a ningún control, que utilizan para ello partes importadas que han ingresado al mercado formal sin marca reconocible ni productor definido. Su éxito consiste en una producción a menor precio que los equipos de marca, y en sus posibilidades de reparar y actualizar software en mal estado y obsoleto. Estos equipos clonados llegaron a copar los mercados regionales y en algunos países daban cuenta de hasta el 75 por ciento del parque de PC a nivel domiciliario. Se trata de una tendencia que se mantuvo estable hasta hace unos dos años, cuando la disminución en el costo de los equipos de marca y la entrada de los equipos móviles dieron nuevo rumbo a los mercados.

Colombia ocupa un lugar intermedio en el uso y desarrollo de tecnología de la información y la comunicación en América Latina, según el estudio de la asociación Comptia ([www.comptia.org](http://www.comptia.org)), que reúne a empresas distribuidoras de microcomputadores y servicios del sector informático.

Una investigación realizada entre diez países de la región determinó que las industrias de Tecnologías de Información y Comunicación fueron responsables del 10 % total del Producto Interno Bruto en los años 90, y su aporte es cada vez más significativo al crecimiento de la economía mundial, y especialmente de los países en desarrollo.

Brasil y México fueron los líderes de la región en cantidad de equipos nuevos de TIC y conexiones instaladas, durante la primera mitad de la década actual. Sin embargo, a pesar de que los países de la región muestran un bajo nivel de adopción de estas tecnologías, todos los indicadores de la región han aumentado en los últimos años, lo que constituye un aspecto positivo y esperanzador en la solución de muchos de los problemas, especialmente la pobreza y los bajos ingresos.

**Tabla 7. Indicadores del desarrollo del sector TIC en Colombia, LAC y en otros países**

	Colombia	Chile	LAC	Suiza	USA	Mundo
<b>Computadores por 100 hab.</b>	5.0	20.1	16.1	86	76.2	19.8
<b>Conexión Banda Ancha por 100 hab</b>	1.3	6.8	3	26.2	19.2	5.7
<b>Celulares por 100 hab</b>	63.6	77.7	53	92	77.22	45.3

Fuente: Banco Mundial (2007); Colombia: CCIT, ASOCEL, SIUST 2006

### 4.3. MARCO NORMATIVO DE LOS RAEE

#### 4.3.1. Internacional

El Convenio de Basilea (CdB) es un tratado ambiental global 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 su disposición.

El CdB fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. El Convenio es la respuesta de la comunidad internacional a los problemas causados por la producción mundial anual de 400 millones de toneladas de desechos peligrosos para el hombre o para el ambiente debido a su características tóxicas ó ecotóxicas, venenosas, explosivas, corrosivas, inflamables o infecciosas.

El Convenio reconoce que la forma más efectiva de proteger la salud humana y el ambiente de daños producidos por los desechos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o en peligrosidad. Los principios básicos del CdB 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.

Para lograr estos principios, la Convención pretende a través de su Secretaría controlar los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, monitorear y prevenir el tráfico ilícito, proveer asistencia en el manejo ambientalmente adecuado de los desechos, promover la cooperación entre las Partes y desarrollar Guías Técnicas para el manejo de los desechos peligrosos. Colombia suscribió el Convenio de Basilea en diciembre de 1996. Otros países de América Latina y el Caribe que firmaron el CdB son: Antigua y Bermuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Grenadines, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

#### **4.3.2. Nacional**

Colombia se ha caracterizado por una gestión ambiental muy activa, que se inicia en 1974 con la publicación del Código de los Recursos Naturales, que fue el primero de su tipo en América Latina.

Posteriormente, en 1979, se promulga la Ley Sanitaria (Ley 9, **Tabla 10**) que da origen a las normas de manejo de la contaminación que se publicaron en la década de los ochenta. En 1993, y en el marco de una nueva Constitución, se reestructuran las instituciones ambientales, creándose el Ministerio del Medio Ambiente y dando origen al Sistema Nacional Ambiental, que incluye autoridades ambientales regionales que se caracterizan por su autonomía e independencia presupuestal.

En términos generales, son varias las instancias que determinan reglas en materia ambiental:

- El Congreso de la República, que expide normas generales y define el esquema institucional;
- El Gobierno Nacional, que a través del Ministerio del Medio Ambiente define políticas, programas y reglamentaciones;
- Las autoridades ambientales regionales, que pueden establecer normas más estrictas que las nacionales y que tienen por principal misión aplicar las normas e implementar las políticas;
- Los entes municipales, que pueden fijar reglas para los usos del suelo.

Colombia es un país prolífico en materia de reglamentaciones. La Contraloría General de la República ha identificado más de 3'000 normas vigentes en materia ambiental.

En Colombia existe una “Política para la Gestión Integral de Residuos” publicada en 1998 que se fundamenta principalmente en la Constitución Política, las leyes 99 de 1993 y 142 de 1994 (ver Tabla 10). Esta Política está orientada a dos ejes temáticos relacionados principalmente con los residuos sólidos no peligrosos:

- Obligación del estado a orientar y establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades de la gestión de residuos sólidos, desde el punto de vista del saneamiento ambiental. Comprende los aspectos técnicos, económicos, administrativos, ambientales y sociales involucrando la prestación del servicio de aseo. Respecto a los aspectos técnicos, la política contempla líneas de acción en las diferentes etapas que componen la gestión de los residuos sólidos: generación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final.

La vinculación del sector privado en cuanto a la generación de residuos, en especial a la problemática que concierne la Producción Más Limpia.

Como complemento a la Política anterior, el Consejo Nacional Ambiental aprobó el 15 de diciembre de 2005, la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos., cuyo objetivo es, en el marco de ciclo de vida, prevenir la generación de residuos peligrosos (RESPEL) y promover el manejo ambientalmente adecuado de los que se generen, con el fin de minimizar los riesgos sobre la salud y el ambiente contribuyendo al desarrollo sostenible.

La siguiente tabla presenta una lista de las leyes, resoluciones y decretos existentes para la gestión de residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos.

**Tabla 8. Marco legal para la gestión de residuos en Colombia**

Área	Tipo	Año	Contenido	Expide
<b>General</b>	Ley 9	1979	Se establecen restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos sólidos y peligrosos.	Asamblea Nacional Constituyente
<b>General</b>	Ley 99	1993	Recursos naturales general	Congreso Nacional
<b>Residuos de escombros</b>	Resolución 541	1994	Esta norma en términos generales pretende defender el espacio público de la disposición inadecuada de materiales excedentes de la construcción, tierra, escombros, etc.	Minambiente
<b>Residuos Sólidos</b>	Decreto 605	1996	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo, vigente	Minambiente y Mindesarrollo

<b>Área</b>	<b>Tipo</b>	<b>Año</b>	<b>Contenido</b>	<b>Expide</b>
<b>Residuos Peligrosos</b>	Ley 253	1996	6 Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos y su Eliminación.	Congreso Nacional
<b>Residuos Peligrosos</b>	Ley 430	1998	Regula las responsabilidades para el manejo integral de residuos	Congreso Nacional
<b>Residuos Peligroso</b>	Resolución 415	1998	Reglamenta la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas	Minambiente
<b>Residuos</b>	Decreto 1713	2002	Prestación del servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos	MAVDT
<b>Residuos peligroso</b>	Decreto 1609	2002	Establece los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional	Ministerio de Transporte
<b>Residuos</b>	Decreto 1140	2003	Modifica parcialmente el D. 1713/2002	MAVDT
<b>Residuos</b>	Resolución 1045	2003	Metodología para la adopción de los planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS.	MAVDT
<b>Residuos</b>	Resolución 477	2004	Modifica la R. 1045/2003, plazos para los PGIRS	MAVDT
<b>Residuos</b>	Resolución 10202 00052	2004	Por medio del cual se modifica la resolución 00008/04 y se deroga la resolución 10202 0380/04	Área Metrop. AMV
<b>Residuos peligrosos/ no peligrosos</b>	Resolución 0886	2004	Incineración. En términos generales esta norma regula la operación y mantenimiento de incineradores y hornos crematorios que incineren residuos peligrosos sólido y líquidos, residuos domiciliarios y residuos hospitalarios.	MAVDT
<b>Residuos Sólidos</b>	Decreto 838	2005	Rellenos Sanitarios. Modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones..	MAVDT
<b>Residuos Peligrosos</b>	Decreto 4741	2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral	MAVDT
<b>Residuos Peligrosos</b>	Resolución 1446	2005	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 415 del 13 de marzo de 1998, que establece los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desechos usados y las condiciones técnicas para realizar la misma	MAVDT
<b>Residuos Peligrosos</b>	Resolución 1362	2007	Por el cual se establecen todos los procedimientos y requisitos para el registro de generadores de Respel.	MAVDT
<b>Residuos Peligrosos</b>	Resolución 693	2007	Por medio de la cual se establecen medidas y requisitos para los Planes de Devolución de Productos Postconsumo de Plaguicidas	MAVDT
<b>Residuos Peligrosos</b>	Resolución 00621	2007	Por la cual se establecen los Protocolos para la Caracterización de Residuos Peligrosos	IDEAM

Fuente: DANIEL OTT, Empa.. 2008

En el contexto de una gestión sostenible de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos es importante mencionar la Ley 430 de 1998 y el Decreto 4741 de 2005.

La Ley 430 por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos regula las responsabilidades para el manejo integral de residuos y equipara al fabricante o importador con un generador. El Artículo 6° dice:

El generador será responsable de los residuos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente. Y el párrafo pertinente:

El fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, para los efectos de la presente ley se equipara a un generador, en cuanto a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos del producto o sustancia.

Por otro lado, el Decreto 4741 de 2005 por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, reafirma la responsabilidad establecida en la ley y establece en su Artículo 14° una serie de obligaciones para los fabricantes e importadores de productos con propiedades peligrosas, así como la obligación de presentar planes de devolución postconsumo para tres (3) corrientes prioritarias de residuos.

**Resolución 1512 de 2010** Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones

A pesar de contar con un marco jurídico específico para la gestión de residuos o desechos peligrosos, en Colombia hasta el año inmediatamente anterior, no se contaba con una iniciativa legislativa específica en relación a la gestión de residuos eléctricos y electrónicos que tuviera en cuenta las características especiales de los e-waste.

Sumado a esta iniciativa por parte del gobierno nacional, actualmente han surgido una serie de iniciativas legislativas, técnicas y político administrativas en relación a la gestión de los residuos electrónicos, influenciadas por tratados internacionales, modelos de gestión promovidos por organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que han tenido éxito en sus respectivos países, pero que es necesario adaptar a situaciones y realidades locales.

De esta manera surge el Principio de Responsabilidad Extendida del Productor, donde los productores e importadores de computadores tienen que asumir la

responsabilidad en la fase de post-consumo de sus productos y asegurar una gestión económica, social y ambientalmente sostenible; y la necesidad de consolidar sistemas que permitan manejar de forma separada los residuos electrónicos de los de origen doméstico para lograr su aprovechamiento, reciclaje y reincorporación al ciclo de producción. El gobierno por su parte debe encargarse de supervisar las condiciones del sistema y proveer las regulaciones necesarias en el mejor interés de todos los actores involucrados. El consumidor debe comprometerse a que los residuos eléctricos y electrónicos lleguen a los sitios de acopio y disposición preestablecidos. Las empresas de reciclaje deben manejar y procesar los residuos, garantizando el cierre de los ciclos de los materiales.

#### **4.4. GESTIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS**

En Colombia, el reuso de aparatos eléctricos y electrónicos es algo muy común. Por su valor de adquisición relativamente alto, los equipos tanto de línea blanca como marrón y gris muchas veces están reutilizados en otra parte o regalados a miembros de la familia o a terceros.

De este modo la nevera vieja por ejemplo está transferida a la finca, donde cumple con su segunda vida. O el televisor de la sala se va para el dormitorio. O el celular viejo se regala a los hijos o se vende a un conocido etc. Todos estos mecanismos son prácticas de reuso.

En este contexto existe el reuso intrafamiliar, es decir el aparato pasa de un miembro de familia a otro. Además se registra que muchas empresas, antes de donar o vender sus aparatos obsoletos, hacen una subasta interna en la empresa entre sus empleados. De esa manera muchos de los equipos están reusados por usuarios privados después de cumplir con su función para la empresa. Es difícil cuantificar cuantos equipos logran tener una “segunda vida” al ser reusados. Sin embargo se estima que más que el 50% de los computadores puedan tener este destino.

Muchos de los locales en Unilago y Monterrey prestan el servicio de mantenimiento y reparación de computadores

Para los computadores obsoletos (terminando su “primera” vida útil) se pueden identificar dos diferentes tipos de reacondicionamiento: El reacondicionamiento comercial y social. El reacondicionamiento comercial muchas veces se refiere a la compra y venta de computadores de segunda, si es que los equipos reciben de alguna manera una revalorización (a través de mantenimiento, reparación o limpieza) antes de ser revendidos. El reacondicionamiento social en cambio se refiere a la revalorización del computador con fines sociales. Muchas veces los equipos se reciben en donación y después del reacondicionamiento son regalados y no vendidos. En Colombia, el más importante programa de reacondicionamiento social es Computadores para Educar

Computadores para Educar (CPE, [www.computadoresparaeducar.gov.co](http://www.computadoresparaeducar.gov.co)) es el más exitoso programa de reacondicionamiento de computadores usados en América Latina. Es un programa de reciclaje tecnológico cuyo objetivo es brindar acceso a las tecnologías de información y comunicaciones a instituciones educativas públicas de Colombia, mediante el reacondicionamiento, ensamble y mantenimiento de equipos, y promover su uso y aprovechamiento significativo en los procesos educativos. El Programa fue lanzado oficialmente en Marzo del 2000 por el Presidente y Primera Dama de Colombia y funciona como una asociación entre tres entidades públicas: el Ministerio de Comunicaciones, el Ministerio de Educación Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

El programa recibe los computadores de empresas privadas, instituciones públicas y personas naturales y tiene cinco centros de reacondicionamiento (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cúcuta). En general, se realiza un proceso de separación de partes, donde se separan las CPUs, los teclados, los monitores, los ratones, y demás periféricos y accesorios. Las CPUs son llevadas a la zona de pruebas donde se determina la existencia y estado de los discos duros, los cuales son formateados a bajo nivel, asegurando la confidencialidad de eventual información almacenada anteriormente por los donantes.

Las CPUs y demás periféricos son almacenados en bodega. De acuerdo con la orden de trabajo, los técnicos reciben los equipos de la bodega, las partes necesarias del almacén, y proceden al ensamble, conexión, pruebas generales, instalación de software y control de calidad.

Posteriormente, los equipos son limpiados, empacados y almacenados en estibas en la bodega, hasta el momento del despacho a la institución beneficiaria. En promedio, este proceso dura unas cinco semanas por computador y prolonga la vida útil de los equipos por aproximadamente cuatro años

Todavía los conceptos de “pagar por disponer sus residuos” y “pagar por el servicio de disposición” no son muy comunes en Colombia. Aunque se paga una tasa de aseo para los residuos sólidos urbanos, muchas veces la gente ve a los computadores como inversión (por su relativamente alto precio inicial) y espera recibir algo a cambio por su equipo obsoleto. Por ende es más probable que trate de venderlo, o por lo menos donarlo, para no tener que asumir costos extras.

En el país no existe un sistema consolidado de recolección de computadores obsoletos. Un computador en desuso como mencionado anteriormente por lo general es almacenado, reusado o donado a CPE o terceros (por ejemplo familiar). Sin embargo se puede observar que los computadores están despachados a través de los recicladores oficiales de los residuos sólidos urbanos o recicladores informales, los cuales recogen los equipos junto con la basura. Otra alternativa es que la gente simplemente los deja en la calle para ver quien se los lleva.

Únicamente las siguientes empresas brinden un servicio de recogida puerta a puerta: Gaia Vitare Ltda., una empresa recicladora de residuos eléctricos y electrónicos en Bogotá, y Computadores para educar

En Colombia, no existe una industria formal consolidada de reciclaje de e-waste. Sin embargo, hay algunas pocas empresas que están involucradas en el proceso de reciclaje

La sospecha que en Colombia hay muchas chatarrerías que están metidas en el aprovechamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, se confirma en los resultados de las encuestas de CIM (2008). Los chatarreros reciben sus equipos directamente de empresas, entidades públicas o personas naturales y su interés es principalmente la recuperación de los metales como cobre, aluminio y hierro, ó por el plástico. Prácticamente todas de las chatarrerías encuestadas confirmaron que reciben aparatos electrónicos, con mayor frecuencia computadores, impresoras, televisores y fotocopiadoras. Pocas veces reciben celulares y piezas particulares de aparatos. Aproximadamente 1 de 3 equipos lo reciben gratis, el resto los compran.

La gran mayoría de las chatarrerías indica que a pesar de poder recuperar valor de los aparatos electrónicos en desuso, no forman una parte muy importante de su negocio.

La siguiente tabla presenta los precios de varios metales presentes en los residuos electrónicos.

Aparte de los metales preciosos como oro y plata, el cobre es el metal de mayor valor en el mercado

**Tabla 9. Precios de compra de algunos metales**

Metal	Precio de compra	
	COP/Kg	USD/Kg
Cobre	6'800	3.40
Acero	3'500	1.75
Aluminio	2'400	1.20
Plomo	700	0.35
Hierro	280	0.14

Fuente: DANIEL OTT, Empa.. 2008

Además de las chatarrerías hay indicios que existe un sector informal que gestiona este tipo de residuos, recuperando los metales preciosos y otros materiales de valor. A pesar de que este reciclaje informal no es tan obvio y no se puede observar tan abiertamente como por ejemplo en India o en China, existe y está causando ya sus impactos al medio ambiente y salud humana.

Sobre todo en el caso del cobre, que parece ser el material de mayor interés para estos recicladores debido a su precio alto y el hecho de que muchas veces no resulta tan difícil recuperarlo, como por ejemplo la quemadura de cables.

Los usuarios privados en Colombia, una vez que los aparatos electrónicos hayan terminado su vida útil, consideran las siguientes opciones de disposición final para residuos electrónicos: almacenamiento, venta, donación, disposición con los residuos sólidos urbanos y entrega a un reciclador formal o informal.

Según la encuesta de CIM (2008), más que el 60% de los usuarios privados vende o dona sus computadores obsoletos, tanto los PCs de escritorio como los portátiles. El 7% entran a la corriente de los residuos sólidos y terminan en el relleno sanitario o en manos de un reciclador.

Entre el 7 y el 11% se van directamente a un reciclador, a través el cual se supone que los equipos entran al mercado informal.

El comportamiento de la gente en cuanto a PCs de escritorio y portátiles es bastante similar.

Sorprendente es que el 14% de los encuestados escogieron como hábito de disposición otro que los arriba mencionados

Las diferencias más grandes entre los hábitos de disposición de los usuarios privados y las empresas son las donaciones y el leasing de equipos de cómputo. Más que el 40% de los computadores provenientes de los sectores privados y públicos son donados a fundaciones, instituciones públicas o CPE. El 10% tiene un contrato de leasing con una empresa fabricante y le devuelve sus equipos después de un tiempo definido en el contrato.

#### **4.5 LINEAMIENTOS TÉCNICOS DEL MAVDT PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.**

El MAVDT con el objetivo de establecer lineamientos técnicos para orientar el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el ámbito nacional y la gestión de las autoridades ambientales, desarrolló una guía en coordinación con el Centro Nacional de Producción mas Limpia y Tecnologías Ambientales y con el apoyo de la EMPA - Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, la cual incluye entre otras cosas aspectos técnicos que se deben considerar en las diferentes etapas de manejo, para la prevención y reducción de los impactos ambientales generados por la mala gestión de este tipo de residuos presentando el contexto general de la problemática existente en torno a los RAEE y estableciendo lineamientos generales para cada una de las diferentes etapas del manejo, incluyendo el almacenamiento, transporte, desensamble,



aprovechamiento y disposición final<sup>1</sup>, además de algunas recomendaciones técnicas específicas para algunos tipos concretos de residuos.

Este es un documento base para establecer la estrategia de gestión de residuos electrónicos sin embargo se requiere consolidar sistemas o guías que permitan establecer un procedimiento específico para la aplicabilidad de los lineamientos del ministerio acorde con el contexto específico en donde será aplicado.

#### **4.5. DESARROLLO CONCEPTUAL DE LA GUÍA.**

El trabajo descrito en el presente documento busca establecer una guía para el cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos acorde con la realidad, las tendencias y las necesidades actuales en las instituciones de educación básica en el municipio de Popayán considerando los lineamientos técnicos del ministerio y enmarcándolos en procesos y actividades de Producción mas Limpia aplicables y replicables en cualquier institución de educación básica pública o privada.

Además presenta una secuencia lógica que puede ser seguida por todo tipo de entidades, instituciones o empresas para el desarrollo de este tipo de guías en el territorio nacional mediante tres etapas fundamentales las cuales se describen a continuación.

##### **4.5.1. Diagnostico y determinación del contexto externo.**

Esta es una de las etapas más importantes, ya que permite establecer en forma objetiva la dinámica y el contexto interno y externo de la generación y gestión de residuos, sobre el cual se definirán las necesidades y la naturaleza de los mecanismos necesarios para mejorar el desempeño organizacional en la gestión de residuos para el correcto cierre de ciclos de vida.

En esta etapa se analizan entre otras cosas las entradas y salidas del sistema, las fuentes de generación, cantidad y flujos generados, el tipo y características de los residuos, destino, grado y tipo de control, estrategias de minimización y manejo, debilidades organizacionales. Además se identifica el contexto externo como sistemas de gestión municipales, actores fundamentales, entes de control etc.

Es importante aquí definir el eslabón de la cadena productiva al cual pertenecen las instituciones de educación básica para definir las estrategias de gestión y cierre de ciclos de vida.

---

<sup>1</sup> lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. MAVDT. 20011

#### 4.5.2. identificación de las necesidades y mecanismos.

Con base en el análisis del diagnóstico se determinan las debilidades de los procesos en las etapas del ciclo de vida en el que las instituciones participan, así como las necesidades para el fortalecimiento de dichos procesos que permitan la aplicación de mecanismos Producción más Limpia para el cierre de ciclos de vida.

#### 4.5.3. Desarrollo y consolidación de la guía.

Definidos los mecanismos y las estrategias, se procede a definir o a desarrollar cada uno de ellos determinando de manera específica y clara cada uno de los procesos, actividades y responsables teniendo en cuenta que la guía será utilizada como herramienta y debe ser simple, concisa y de fácil aplicación.

#### 4.5.4. Estrategias de gestión integral<sup>2</sup>.

La estrategia jerarquizada para la gestión integral de residuos, establece como aspecto fundamental la prevención de los mismos, seguida de la minimización, el aprovechamiento y el tratamiento; en este sentido, aparece como opción última la disposición final. Dicha estrategia, es totalmente aplicable a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE, con alternativas de minimización y de aprovechamiento que incluyen reuso y reciclaje de los mismos y/o de sus componentes; (CPE, MAVDT. 2008. Pag, 52) el esquema general se presenta en la siguiente figura:



Fuente:, CPE, MAVDT, 2008

<sup>2</sup>MINISTERIO DE COMUNICACIONES. COMPUTADORES PARA EDUCAR MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Estudio piloto de recolección, clasificación, reacondicionamiento y reciclaje de Computadores... Bogotá; 2008. Pag. 52,53 y 54

- **Minimización.** La minimización de aparatos eléctricos y electrónicos comprende prácticas que conlleven a no declarar “obsoleto” un equipo y convertirlo en RAEE y, por ende, a no adquirir uno nuevo. En el caso de los computadores, personas y compañías pueden extender su vida útil realizando actualizaciones o “upgrades” de la CPU o los periféricos para que cumplan con las especificaciones de nuevos paquetes de software o el manejo de mayores volúmenes de datos. Generalmente, es más costo efectivo una actualización que la compra de un equipo nuevo. La reducción en la fuente de equipos aparentemente obsoletos lleva a la implementación de estrategias ciertamente creativas que descubren nuevos usos para los equipos aprovechando su actual capacidad computacional. Entre otras, se encuentran programas de reasignación de equipos a personas o departamentos que los encuentran útiles para aplicaciones de bajo rendimiento como procesador de palabra, registro de correspondencia, monitor de control de acceso o video-vigilancia, etc.; compartir un computador entre varios funcionarios, aún en los hogares todos pueden usar un solo equipo; o, como una herramienta de consulta de información para los clientes o proveedores<sup>10</sup>.

- **Aprovechamiento, por reuso.** El concepto de reuso se refiere tanto al uso directo de segunda mano como al uso después de hacer ligeras modificaciones al funcionamiento original del equipo; para esto, se usan partes y componentes de otros equipos para mejorar el propio reemplazando los componentes que no funcionan adecuadamente; lo anterior se conoce como remanufactura o reacondicionamiento.

Es interesante el reuso de los computadores obsoletos en la industria y el comercio para tareas o funciones para las cuales si están cualificadas. En Japón, por ejemplo, los equipos de segunda mano, PC basados en procesador 486, son usados en las fábricas para controlar líneas de ensamblaje con buenos resultados<sup>11</sup>. En las oficinas, aún equipos basados en procesadores 386 están siendo usados para el manejo de bases de datos, procesamiento de palabra y aplicaciones de hojas de cálculo, debido a que el software y los archivos creados por las primeras versiones de DOS no son usables bajo ambiente Windows. El reporte indica que no solo PC y servidores están siendo utilizados sino que también estaciones de trabajo o workstations, equipos de medio rango y mainframes.

- **Reciclaje.** Por otro lado, dado que los computadores son equipos manufacturados con una amplia variedad de materiales y componentes hay, según muchos investigadores, la posibilidad de reciclarlo de dos formas: una, en forma completa para producir computadores “nuevos” lo que sería realmente una remanufactura o reuso, y otra desmantelándolos o despiezándolos en materiales separados de interés para el reciclaje, tales como plásticos, vidrio, acero, aluminio, cobre y otros metales.

**4.5.5. Logística Reversiva.** La logística reversiva se presenta en la supply chain para cerrar el ciclo de las operaciones de un negocio, relacionado con la gestión de los desechos, los residuos y los desperdicios generados. Este enfoque puede ser analizado en cada eslabón de la cadena productiva de manera individual<sup>3</sup>. Existen diversas definiciones para este tipo de logística presentada y citas por distintos autores, algunas de ellas se presentan a continuación:

- “La logística reversiva se encarga de la gestión de la planeación operacional, del control y disposición final segura y efectiva de todos los desperdicios, residuos y desechos (DRD) que genera un sistema productivo de bienes o servicios. Algunos autores extienden esta definición hasta considerar los procesos de reciclaje, reuso y reproceso que se dan a los DRD. (Lambert, Stock, y Ellram.1998. citado por López, A. A. Torres. S. Q)
- “EL término de Logística Reversa no se utiliza solo para hacer referencia al papel de la logística en el retorno del producto, sino que también se refiere a la reducción en origen, el reciclado, la reutilización de materiales, la sustitución de materiales, la eliminación de residuos y desperdicios, la reparación y a la re manufacturación” (HEVIA, L. F. URQUIAGA R.A.)
- “se refiere a todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida a.” REVLOG: The European Working Group on Reverse Logistics (REVLOG) citado por (HEVIA, L. F. URQUIAGA R.A.)
- “Es el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o deshecharlos.” RLEC: What is Reverse Logistics? Reverse Logistics Executive Council. citado por (HEVIA, L. F. URQUIAGA R.A.)
- “Con logística inversa en el sentido más amplio se entienden todos los procesos y actividades necesarias para gestionar el retorno y reciclaje de las mercancías en la cadena de suministro.

---

<sup>3</sup> LÓPEZ, A. A. TORRES , S.Q. La Gestión de la Logística Reversiva. Universidad ICESI. CALI (COLOMBIA).

En general estas definiciones llevan implícitas diferentes estrategias o recomendaciones que están relacionadas con actividades o acciones de reciclaje, recuperación o reutilización, reacondicionamiento y reducción en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro donde la empresa o en este caso instituciones tiene una ingerencia directa o indirecta de beneficios económicos, contribuyendo con elevar los niveles de desempeño en la cadena logística.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN DE COMPUTADORES EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN.**

Para realizar el diagnostico del uso y gestión de computadores generados por las instituciones de educación básica en el municipio de Popayán en su zona urbana, se realizaron visitas a siete instituciones educativas de las cuales 4 son de carácter público y 3 tres de carácter privado y que representan respectivamente el 13,7% y 18.3% de la población estudiantil en cada sector, con el objetivo de recopilar información de primera mano que permitiera junto con análisis estadísticos y proyecciones definir las características de las etapas del ciclo de vida de computadores en el que dicho tipo de instituciones participan. Cada una de las fases de trabajo implementadas en este componente del proyecto se describe en los siguientes literales.

#### **5.1.1. Selección de las instituciones (muestra) objeto de evaluación.**

Para la selección de las instituciones a incluir en el procesos de análisis y evaluación para recolección de información de primera mano fueron seleccionadas las instituciones públicas y privadas con mayor población o prestigio en el municipio de Popayán con base en la información suministrada por funcionarios de la Secretaria de Educación de la alcaldía de Popayán en total se seleccionaron veinte instituciones públicas y privadas a las cuales les fue enviadas solicitudes para hacer parte del estudio en cuestión de las cuales solo siete aceptaron hacer parte del estudio, por su parte las instituciones restantes argumentaron no poder colaborar por encontrarse en procesos de planeación o por políticas estrictas de protección de la información o simplemente no estar interesadas. Posteriormente se procedió a corroborar que la muestra final seleccionada fuera representativa con al menos el 10% de la población estudiantil Total de Popayán en su zona urbana, determinando que la muestra total de instituciones de educación básica públicas y privadas seleccionadas representan el 13,7% y 18.3% respectivamente.

#### **5.1.2. Adquisición, uso y gestión de computadores en las instituciones de educación básica analizadas.**

Para definir el proceso de adquisición, uso y gestión de computadores en las instituciones visitadas, se elaboraron formatos de entrevista con el propósito de definir las etapas del ciclo de vida de computadores en el que las

instituciones educativas tienen participación y la cantidad de residuos de este tipo generados por las mismas como por ejemplo:

- Procesos de adquisición y/o compra de equipos
- Frecuencia y uso de computadores
- Mantenimiento
- Base instalada.
- Almacenamiento temporal
- Proceso de baja de equipos
- Cantidad y gestión de residuos generados

Además de la recopilación de información a través de entrevistas se elaboró una revisión y evaluación técnica de los equipos en todos sus estados con el apoyo de un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones para definir posibles estrategias de aprovechamiento y gestión integral de los residuos generados.

### **5.1.3. Clasificación y caracterización de los equipos dados de baja.**

Como parte de la información de primera mano recogida, necesaria para establecer variables definitivas como los niveles de aprovechamiento, y reciclaje necesarios para definir la estrategia de gestión y la optimización de los procesos al interior de las instituciones educativas se llevó a cabo una clasificación y caracterización de los equipos dados de baja y de la base instalada para definir características y condiciones técnicas como:

- Tecnología de Monitor
- Marca PC
- Capacidad de memoria RAM.
- Marca de la Board
- Capacidad del disco duro
- Unidad de CD-R
- Tipo de mouse Según Puerto De Acceso.
- Tipo de mouse según puerto de acceso.
- Expansión

### **Potencial de reacondicionamiento:**

Para establecer el potencial de reacondicionamiento de los residuos almacenados en las instituciones, como resultado de la inadecuada gestión al interior de las mismas, se definieron características y condiciones de los equipos necesarias para un posible reacondicionamiento definidas a partir de un análisis de los requerimientos operativos mínimos para el correcto cumplimiento de los programas académicos.

Posteriormente se llevó a cabo un análisis comparativo de las características y condiciones de los computadores y/o periféricos almacenados como residuos con las establecidas anteriormente para determinar el porcentaje de residuos susceptibles de reacondicionamiento.

## **5.2. DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.**

Para poder establecer el panorama de tendencias, características, actores y responsabilidades relacionadas con el manejo y gestión de RAEE en el municipio de Popayán se llevó a cabo un diagnostico con base en información recolectada mediante entrevistas a actores de carácter público y privado que participan en el proceso de manejo de este tipo de residuos en el municipio como por ejemplo la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), la empresa responsable del servicio de aseo (SERVIASEO), el relleno sanitario, la alcaldía municipal, asociaciones de recicladores, gestores externos etc. Este diagnostico es fundamental para establecer las condiciones sobre las cuales se plantearan las alternativas de gestión y sus posibles operadores.

## **5.3. ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS GENERADOS EN EL TOTAL DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN.**

Para la estimación y proyección de los residuos generados en el total de las instituciones de educación básica, se llevó a cabo un análisis del comportamiento de la base instalada, partiendo del supuesto en que a partir del 2014 la base instalada se mantendrá en 12 estudiantes por computador y su comportamiento dependerá del aumento o disminución de estudiantes en las instituciones, esta tendencia también se asumió para instituciones privadas.

Con los datos obtenidos acerca del comportamiento de la base instalada y mediante un análisis matemático que considera como factor determinante en la dinámica de generación de residuos la vida útil promedio se estimaron los residuos en toneladas generadas por la totalidad de las instituciones de educación básica en Popayán de la siguiente manera:

### **5.3.1. Proyección base instalada (BI):**

Con base en información suministrada por la secretaria de educación municipal sobre el comportamiento de las matriculas en los años 2002, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2012 Se analizó y proyectó la población estudiantil total hasta el año 2035.



Una vez proyectada la población estudiantil total, se calculó la base instalada para cada año (i) hasta el 2035 tomando como base doce estudiantes por computador de la siguiente manera:

$$\text{Base instalada } i \text{ (unidades)} = \text{poblacion } i / 12$$

### **5.3.2. Proyección base instalada segmentada (BIS):**

Dado que el análisis de residuos generados se aplicara a varios tipos de equipos de cómputo, se llevó a cabo una segmentación de la proyección de la base instalada para presentarla en términos de cada tipo de equipo.

Con base en tendencias actuales de consumo según la bibliografía consultada y la situación evidenciada se estimaron unos porcentajes de participación de la base instalada para cada tipo de equipo con las cuales se proyectaron las bases instaladas segmentadas de la siguiente manera:

$$\text{Base instalada segmentada } i \text{ (unidades)} = \text{base instalada} * \% \text{componente}$$

### **5.3.3. Análisis de vida útil:**

Para establecer la vida útil como factor determinante para proyectar los residuos generados por las instituciones se llevó a cabo un análisis a partir de estudios previos y las condiciones y requerimientos técnicos evidenciados.

Se estableció la vida útil promedio para cuatro tipos de equipo de cómputo o bienes: Unidades (CPU), ordenadores portátiles, monitores de tubo de rayos catódicos (CRT) y pantallas de cristal líquido (LCD).

### **5.3.4. Factor de reacondicionamiento (FR):**

Otro factor importante para calcular la generación de residuos de computadores en el marco de un sistema de gestión fue el factor de reacondicionamiento el cual determina el porcentaje de residuos generados que vuelven a la etapa funcional del ciclo de vida.

En este orden de ideas se asumieron dos escenarios; uno basado en las condiciones actuales de gestión de computadores y/o periféricos y otro estimado en el marco de un sistema adecuado de gestión.

### **5.3.5. Estimación de residuos generados.**

Un antecedente importante en la estimación de residuos de computadores y/o periféricos es el Método de Suministro de Mercado mediante el cual se estima la generación de RAEE a partir de las ventas y la vida útil mediante la siguiente expresión:

$$\text{RAEE generados } (i) = \text{compras} \times (1 - vu) + \text{compras} \times \text{FR}(1 - vu - vu^2)$$

$$FR = \text{factor de reacondicionamiento}$$

$$I = \text{año compra} - \text{año de estimacion}$$

$$vu = \text{vida util en años}$$

$$vu2 = \text{segunda vida util}$$

La variable determinante para el cálculo de la generación de residuos de computadores y/o periféricos en las instituciones educativas corresponde a la base instalada, sin embargo para efecto de aplicar el método anterior y obtener resultados representativos se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Para relacionar las bases instaladas proyectadas con las compras anuales para efectos de aplicar el método de suministro de mercado se propuso la siguiente expresión:

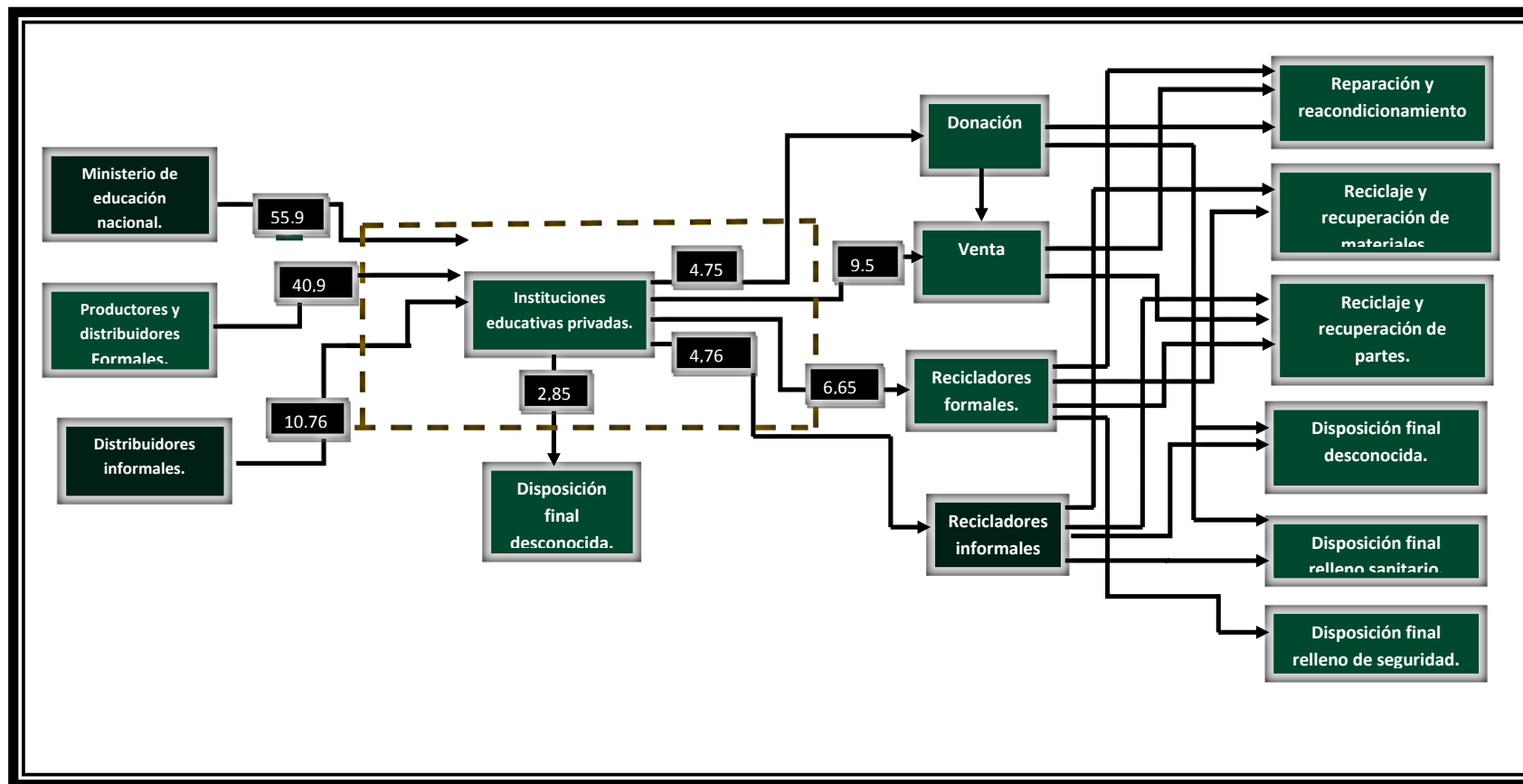
$$\text{compras } (i) = BIS (i) - BIS (i - 1) + RAEE (i - 1)$$

- La base instalada al año base está conformada por un 52% de equipos nuevos (correspondientes a las dotaciones del ministerio) y un 48% de equipos obsoletos o próximos a terminar su vida útil. En este orden de ideas el método adaptado del suministro de mercado será aplicado al 52% de la base instalada, al restante 48% se calculo con base en un tasa de generación anual de residuos asumida con base en el análisis del estado de los equipos y la literatura consultada.
- El factor de reacondicionamiento establece el porcentaje de los residuos generados en el año (k) que se reincorporan a las etapas de funcionamiento del ciclo de vida y reaparecen como residuos en el año (k+3) producto del incremento total de tres años a la vida útil media.

### **5.3.6. Análisis de flujo de materiales:**

Este es un método muy utilizado para determinar de manera cuantitativa, los flujos de residuos y materiales generados en un sistema de control definido. Este método ha sido utilizado para la evaluación y el modelado de las cantidades de desechos electrónicos en Colombia como el estudio “modelling computer waste flows in the formal and the informal sector a case study in Colombia” que tenía como objetivo cuantificar los flujos de computadores gestionados por el sector informal en Colombia. Este análisis se aplico con el objetivo de determinar de manera general los flujos de residuos y materiales generados por las instituciones educativas, y predecir con base en el panorama de gestión identificado en el municipio el destino final de estos.

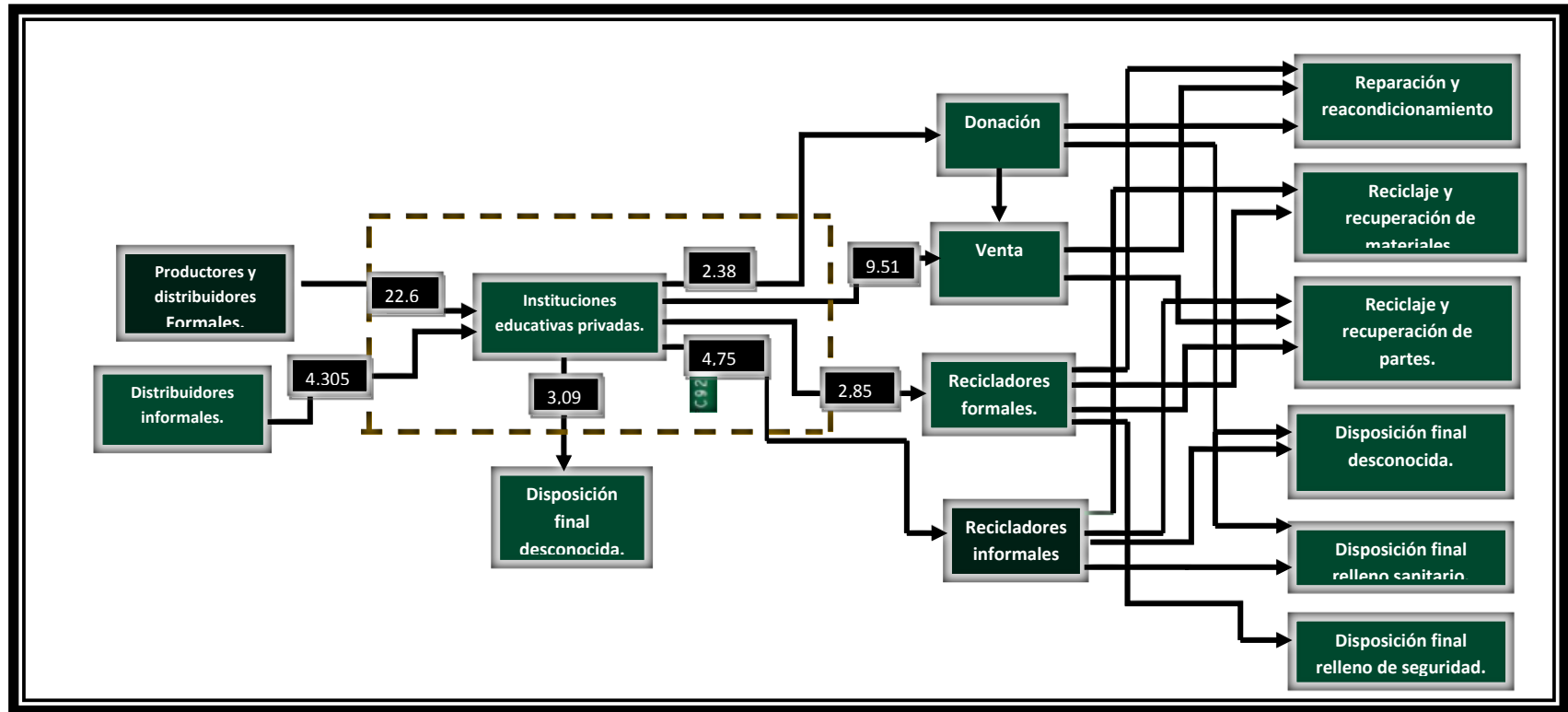
El sistema considerado, para el análisis se definió con base en las etapas del ciclo de vida en las que las instituciones educativas participan que corresponden a: adquisición, almacenamiento interno, y disposición final o baja final. El sistema seleccionado se presenta en las siguientes figuras:



----- Sistema de analisis.

Figura 2 Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones públicas.  
Fuente: elaboración propia.

S



Sistema de análisis. — — — — —

Figura 3 Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones privadas  
Fuente: elaboración propia.

Para tener un punto de partida para plantear unas estrategias de Producción mas Limpia, también se determinaron los flujos en términos de materiales.

La descripción matemática de la metodología utilizada y uqe tomó como base el estudio “modelling computer waste flows in the formal and the informal sector a case study in Colombia” se presenta a continuación:

### Descripción matemática.

De acuerdo con el principio de balance de masa, la masa de todas las entradas que entran en un proceso es igual a la masa de todas las salidas de este proceso, además de un plazo de almacenamiento que tiene en cuenta la acumulación o el agotamiento de los materiales en el proceso de la siguiente manera:

$$\sum_{ni} \dot{F}_{entrada} = \sum_{n0} \dot{F}_{salida} + \sum_{n0} \dot{F}_{almacenamiento}$$

$$\sum_{ni} \dot{m}_{entrada} = \sum_{n0} \dot{m}_{salida} + \sum_{n0} \dot{m}_{almacenamiento}$$

Donde n es el número de flujos (F) en el sistema y m es el flujo de materiales en cada bien cuya sumatoria corresponde al flujo total de un material ( $\dot{M}$ ) así:

$$\dot{M} = \sum_{k=1}^q \dot{m}_{ij}^k$$

Donde:

i = 1, ..., n como el índice de los flujos.

j = 1, ..., p como el índice de materiales.

k = 1, ..., q como el índice de bienes.

Finalmente para obtener el total de flujo de materiales se utilizó la siguiente expresión:

$$\dot{F}_i = \sum_{j=1}^p \dot{M}_{ij}$$

#### **5.4. GUÍA PARA EL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS MEDIANTE PRODUCCION MAS LIMPIA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

El alcance de la guía desarrollada considera como pilares fundamentales el fortalecimiento de los procesos internos en las instituciones necesarios para garantizar las condiciones de los computadores y/o periférico para la implementación de Producción mas Limpia y estrategias de gestión de los residuos generados considerando los actores y las condiciones actuales del municipio de Popayán en el tema de manejo de RAEEES.

##### **5.4.1. Identificación de las necesidades y mecanismos.**

Con base En el diagnostico del sistema de manejo y gestión de computadores y/o periféricos en las instituciones educativas del municipio de Popayán elaborado en el presente estudio se determinaron las debilidades en los procesos al interior de las instituciones. Así como las necesidades para el fortalecimiento de dichos procesos que permitan aplicación de mecanismos de Producción mas Limpia, para el cierre de ciclos de vida.

En general se evidenciaron múltiples falencias en los procesos internos de usos y gestión de residuos electrónicos que deben ser fortalecidos para el cierre de ciclos de vida aplicando Producción mas Limpia requiriéndose acciones a nivel de:

- Procesos de adquisición de equipos de cómputo.
- Manejo de inventarios.
- Recomendaciones de uso y seguridad.
- Programas de mantenimiento.
- Condiciones de almacenamiento temporal.

Por otra parte se establecieron diversos mecanismos que permitieran la aplicación de Producción mas Limpia, para el cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos teniendo en cuenta la bibliografía consultada al respecto y los resultados del diagnostico, tomando en cuenta el eslabón de la cadena productiva al cual las instituciones pertenecen.

##### **5.4.2. Consolidación de la guía.**

Para la consolidación de la guía se desarrolló cada unos de los mecanismos seleccionados incluyendo procesos y recomendaciones a nivel de prevención, minimización, aprovechamiento, tratamiento y disposición final;

Cada componente se definió con base en la bibliografía consultada y antecedentes como computadores para educar y la guía del ministerio contrastándolos con la realidad de la gestión en Popayán y las instituciones educativas y definiendo mecanismos de fácil implementación.

La estructura de presentación se elaboró teniendo en cuenta claridad en la presentación de los mecanismos para asegurar su fácil implementación.

#### **5.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA Y SUS BENEFICIOS EN TREMOS DEL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS**

Con el objetivo de presentar la aplicabilidad y pertinencia de la guía en las siete instituciones visitadas se llevó a cabo un paralelo entre las condiciones actuales en términos del cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos en las instituciones visitadas y las condiciones esperadas con la implementación de la guía el con base en siguientes parámetros definidos con base en las debilidades evidenciadas al interior de las instituciones visitadas y las condiciones óptima que debe tener una organización para garantizar la eficiencia, eficacia y el respeto por el medio ambiente en sus procesos.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 6.1. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN DE COMPUTADORES EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN.

Para realizar el diagnostico del manejo y gestión de residuos de computadores generados por las instituciones educativas del municipio de Popayán en su zona urbana se realizaron visitas a 5 instituciones públicas y 3 instituciones de carácter privado que representan respectivamente el 13,7% y 18.3% de la población estudiantil de cada sector, los resultados obtenidos y su respectivo análisis se presentan a continuación:

#### 6.1.1. Generalidades de las instituciones

##### Instituciones visitadas:

- Normal Superior (sede principal)
- José Eusebio Caro (sede principal)
- Gabriela Mistral. (sede principal)
- Colegio francisco Antonio de Ulloa. (única sede)
- Colegio Colombo Francés. (sede principal)
- Colegio Seminario Menor Arquidiocesano (única sede)
- Colegio Champagnat de Popayán (única sede).

##### Sector instituciones:

Tabla 10 Sector al que pertenece cada institución.

Institución	sector
Normal Superior	Publica
José Eusebio Caro	Publica
Gabriela Mistral.	Publica
Francisco Antonio de Ulloa.	Publica
Colombo Francés	Privada
Seminario Menor Arquidiocesano.	Privada
Colegio Champagnat de Popayán.	Privada

Fuente: elaboración propia.



## Población estudiantil total:

Tabla 11 Población estudiantil en las instituciones educativas.

INSTITUCIÓN	SEDE PRINC.	TOTAL
Normal Superior	928	1547
José Eusebio Caro	1315	2193
Gabriela Mistral.	745	1065
Francisco Antonio de Ulloa.	849	1544
Colombo Francés	190	190
Seminario Menor Arquidiocesano.	850	850
Colegio Champagnat de Popayán.	1100	1100

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.2. Adquisición y compra de equipos

- En general el proceso de adquisición de equipos se lleva a cabo de manera similar en todas las instituciones evaluadas y se inicia con la creación de la necesidad la cual obedece generalmente a la solicitud del docente, o por necesidades de ampliación, posteriormente se llevan a cabo las cotizaciones para que una vez se cuente con la disponibilidad presupuestal proceder a realizar la compra.
- En cuanto al distribuidor ninguna de las instituciones cuenta con uno específico, las cotizaciones se llevan a cabo en almacenes de cadena, centros de tecnología y/o mayoristas o distribuidores secundarios en Popayán, Cali, Bogotá o Medellín destacándose tiendas de tecnología como System Store.
- las instituciones educativas de carácter público han sido beneficiarias de computadores para educar con dotaciones que van desde salas completas de hasta 20 equipos o mas y aulas móviles con igual número de portátiles.
- Una de las debilidades a nivel de proceso se evidencio a nivel de inventario, desde el proceso de adquisición e ingreso hasta la baja, ya que no cuentan con un sistema organizado que permita ejercer un control y garantice la operatividad necesaria para implementar una estrategia de logística regresiva en el marco de una gestión adecuada de residuos de computadores.

### 6.1.3. Base instalada.

Como variable fundamental para la estimación de residuos generados a nivel de todas las instituciones de educación básica en Popayán, la proyección de la base instalada es fundamental, por lo que en el estudio realizado se estableció la base instalada actual y las tendencias que permitieran establecer la dinámica o comportamiento de dicha base, los resultados de se presentan a continuación:

#### **Unidades Centrales de Procesamiento (CPU):**

Tabla 12 Cantidad de CPU reportadas por institución.

Institución	Salas	Ordenadores de escritorio
Normal Superior.	2	50
José Eusebio Caro.	4	73
Gabriela Mistral.	2	44
Francisco Antonio de Ulloa.	2	37
Colombo Francés.	1	22
Seminario Menor Arquidiocesano.	2	72
Colegio Champagnat de Popayán.	3	75

Fuente: elaboración propia.

#### **Monitores:**

Tabla 13 Cantidad de monitores reportados por institución

Institución	Monitores CRT	Monitores LCD
Normal Superior.	30	20
José Eusebio Caro.	23	50
Gabriela Mistral.	24	20
Francisco Antonio de Ulloa.	27	10
Colombo Francés.	0	22
Seminario Menor Arquidiocesano.	24	48
Colegio Champagnat de Popayán.	27	48

Fuente: elaboración propia.

#### **Portátiles:**

Tabla 14 Cantidad de monitores reportados por institución

Institución	Total base instalada
Normal Superior	20
José Eusebio Caro	20
Gabriela Mistral.	20
Francisco Antonio de Ulloa.	20
Colombo Francés	0
Seminario Menor Arquidiocesano.	0
Colegio Champagnat de Popayán.	0

Fuente: elaboración propia.

### **Crecimiento histórico de la base instalada.**

Para llevar a cabo este análisis y ante la dificultad para acceder a datos de inventarios se escogió información referente a la base instalada para cuatro años base y de acuerdo a información entregada por las personas entrevistadas se determinaron las cantidades de computadores instalados para cada año base, las cuales se presentan a continuación.

Tabla 15 Crecimiento histórico de la base instalada.

<b>Institución.</b>	<b>Año base.</b>	<b>&lt; 2000</b>	<b>2007</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>
Normal Superior		18	30	35	48
José Eusebio Caro		12	43	58	73
Gabriela Mistral.		16	30	32	44
Francisco Antonio de Ulloa.		15	22	25	37
Colombo Francés		7	15	19	22
Seminario Menor Arquidiocesano.		17	27	35	72
Colegio Champagnat de Popayán.		19	30	48	75

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico evolución base instalada a partir del año 2009 y 2010 la base instalada presentó un aumento considerable, de acuerdo con la información suministrada por los funcionarios de las instituciones visitadas, el crecimiento de la base instalada obedece en gran medida a las actuales políticas del gobierno nacional en cabeza del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones a través del plan de tecnología “Vive Digital” que busca que el país dé un gran salto tecnológico mediante la masificación de Internet y el desarrollo del ecosistema digital nacional, por su parte el Ministerio de Educación Nacional en el marco de este plan ha creado un conjunto de estrategias de innovación educativa para impulsar la educación y apropiación de las TIC como el programa “uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de competencias” que busca entre otras cosas el mejoramiento de la infraestructura tecnológica que se refiere a la dotación de computadores a través de iniciativas como el programa "Computadores para Educar" y las entidades territoriales hasta alcanzar en las instituciones públicas educativas un promedio de 12 a 8 estudiantes por computador. En este sentido las instituciones han sido beneficiarias de varias salas dotadas con hasta 20 computadores incluyendo salas móvil (portátiles) que ha llevado a un crecimiento acelerado de las bases instaladas en estos últimos años además de el acelerado proceso de crecimiento de la economía a razón de las altas tasas de consumo de este tipo de tecnologías, el promedio de estudiante por computador en los colegios visitados se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 16 Promedio de estudiantes por computador

Institución	Estudiantes	Base instalada 2012	Estudiantes/equipos de computo
Normal Superior	928	68	14
José Eusebio Caro	1315	93	14
Gabriela Mistral.	745	64	12
Francisco Antonio de Ulloa.	849	57	15
Colombo Francés	190	22	9
Seminario Menor Arquidiocesano.	850	68	13
Colegio Champagnat de Popayán.	1100	72	15

Fuente: elaboración propia.

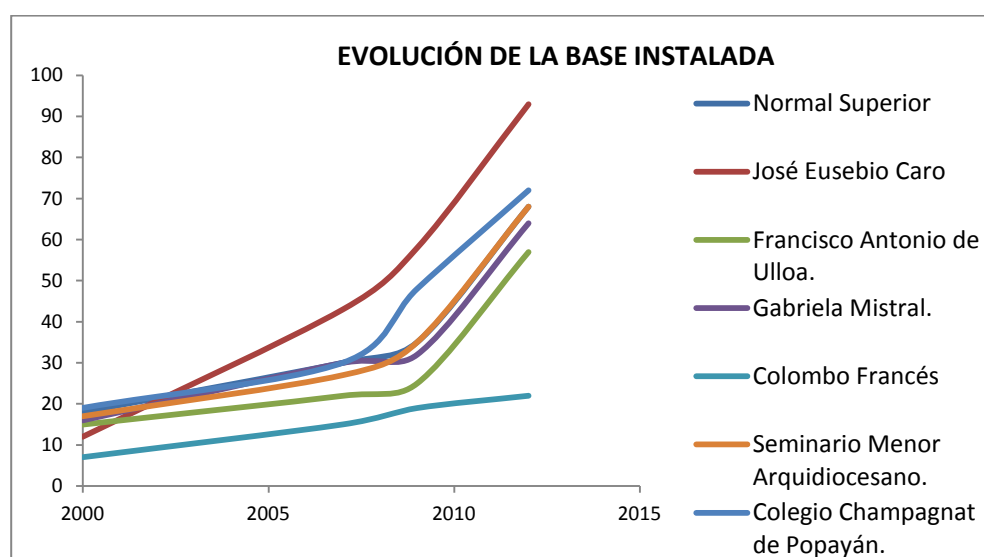


Figura 4 Evolución de la base instalada  
Fuente: elaboración propia.

En este sentido se puede decir que en el caso de los colegios públicos la meta planteada por el ministerio de educación nacional para el 2014 está próxima a cumplirse por lo que se asume que a partir de ese momento la base instalada aumentará de acuerdo con el incremento de la población estudiantil.

Para el caso de los colegios privados la base instalada también dependerá del aumento de la población estudiantil pero no será la única variable condicionante ya que estas instituciones son autónomas y no hacen parte de la población beneficiada por las políticas del ministerio nacional, sin embargo de acuerdo con las tendencias evidenciadas y para efectos del presente estudio se asumirá que a partir del 2012 la base instalada tanto para instituciones públicas como privadas será de 12 estudiantes por computador y el aumento en términos de cantidad de

Computadores estará definido por el aumento en la población estudiantil. A continuación se presentan algunas imágenes de las salas visitadas:



Figura 5 Base instalada Institución educativa Normal Superior.  
Fuente: imagen tomada en campo



Figura 6 Institución educativa Gabriela Mistral.  
Fuente: imagen tomada en campo



Figura 7 Institución educativa José Eusebio Caro. Salas 1 y 3  
Fuente: tomada en campo.



Figura 8 Institución educativa Colombo Francés.  
Fuente: tomada en campo



Figura 9 Institución educativa Francisco Antonio de Ulloa.  
Fuente: tomada en campo



Figura 10 Institución educativa Seminario Menor Arquidiocesano Popayán.  
Fuente: tomada en campo

#### **6.1.4. Usos principales:**

Se recopiló información acerca del uso y la frecuencia de uso de los equipos en operación, obteniendo como resultado que para el área administrativa los requerimientos están relacionados con manejo de bases de datos, programas de contaduría y pagaduría los cuales no requieren un sistema operativo de muy alto rendimiento.

Para el área académica, los requerimientos aumentan de acuerdo con los programas académicos que en su mayoría son acordes con la guía 30 del ministerio de educación nacional "Orientaciones generales para la educación en tecnología" la cual contiene orientaciones para la educación en tecnología de primero a undécimo grado, en relación con dicha guía se identificaron los componentes generales para los programas académicos

:

- **Primaria:** orientación a accesorios Windows, sistema operativo, paint, software educativo,
- **Sexto:** sistema operativo
- **Séptimo:** Word y Power Point.
- **Octavo:** Excel y Access manejo de bases de datos.
- **Noveno:** introducción a la programación, diagramas DFD, reconocimiento y uso de archivos de audio y video.
- **Decimo:** electrónica básica, mantenimiento de computadores.
- **Once:** diseño web.

Dos, de los siete (7) colegios visitados, aun no cuentan con estos componentes en sus programas, pero se encuentran en proceso de incluirlos, lo que evidencia la necesidad de mejorar la capacidad y operatividad de los equipos obsoletos.

Además, se pudo evidenciar, que en las instituciones públicas visitadas a nivel de software las características o licencias con las que fueron entregados los equipos más obsoletos, no son acordes con los requerimientos y programas académicos actuales y por motivo de costos, las instituciones se han visto en la necesidad de adquirir programas y software sin licencias a pesar del seguimiento del ministerio.

Con base en esta información se procedió a determinar las características mínimas que debe tener un equipo de cómputo para alcanzar las capacidades acordes a los programas académicos y usos en general. Para esto se contó con el apoyo de un profesional en el área de sistemas y electrónica.

Como resultado del análisis realizado por el profesional de sistemas y electrónica, para la correcta implementación de los programas académicos, un computador debería por lo menos, lograr ejecutar los siguientes programas:

- Sistema operativo Microsoft Windows XP
- Microsoft Office 2007 Professional



- Bases de Datos de Microsoft Access
- Software para el diseño de diagramas de flujo (DFD)
- Software de entorno de programación (Visual Basic, Dev-C++, entre otros)
- Software básico de diseño web (Puede estar incluido en el Office u Otro)

Con base en lo anterior, se analizaron las versiones de los programas más importantes, en este caso Microsoft Office 2007 y Microsoft Windows XP; según las referencias consultadas, Microsoft Office 2007, necesita para su correcto funcionamiento, características no solo de hardware sino también de software, entre las cuales se incluyen el sistema operativo Microsoft Windows XP en su versión Service Pack 2 o superior.

En el caso de manejo de bases de datos (que utiliza el Microsoft Access), se parte del hecho, de que este software viene disponible dentro de la suite de Office, por lo que el requerimiento más importante esta a nivel de capacidad en las unidades de almacenamiento.

En cuanto a softwares para entornos de programación y diseño web, nuevamente la capacidad de procesamiento de datos juega un papel fundamental, por lo que los requerimientos técnicos a evaluar corresponden a características en el procesador y capacidad de memoria RAM.

De lo anterior, se puede concluir que los requerimientos de hardware mínimos necesarios para que un computador funcione bajo Microsoft Windows XP Service Pack 2, Microsoft Office 2007, bases de datos de Microsoft Access, algún entorno de programación y un editor web son:

Tabla 17 Requerimientos mínimos de hardware.

Elemento	Características
<b>Procesador</b>	Pentium 4 o Superior
<b>Memoria RAM</b>	512 Mega Bytes
<b>Disco Duro</b>	40 Giga Bytes
<b>Medios Ópticos</b>	Unidad CD-ROM
<b>Monitor</b>	CRT VGA/SVGA resolución mínima de 800x600
<b>Periféricos</b>	Teclado, Mouse

Fuente: elaboración propia



### 6.1.5. Resultados revisión técnica de la base instalada

Con el propósito de conocer un poco más acerca de las dinámicas de adquisición de equipos en cuanto a preferencias técnicas se llevó a cabo una revisión técnica con el apoyo de un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones de la universidad del Cauca.

#### Portátiles:

En general las aulas móviles fueron dotadas con características similares, tal como se referencia en la siguiente Tabla:

Tabla 18 Característica técnicas portátiles

Componente.	Tecnología o tipo
Procesador	2 núcleos
memoria	2 GB, DDR3
Disco duro.	250GB.
Unidad de CD-R	DVD-RW 8X
Pantalla	LCD WSVGA. Tarjeta de video integrada.
Cámara web integrada	si
Puerto USB	2
Fabricante	De un único fabricante y referencia

Fuente: elaboración propia

La descripción técnica de los equipos en las instituciones visitadas se presenta en el capítulo de anexos.

Con base en la información recolectada se pudieron establecer las preferencias en cuanto a marcas de equipo y componentes se refieren, lo cual es fundamental a la hora de evaluar la posibilidad de incluir las políticas de pos consumo como estrategia de gestión.

#### CPU:

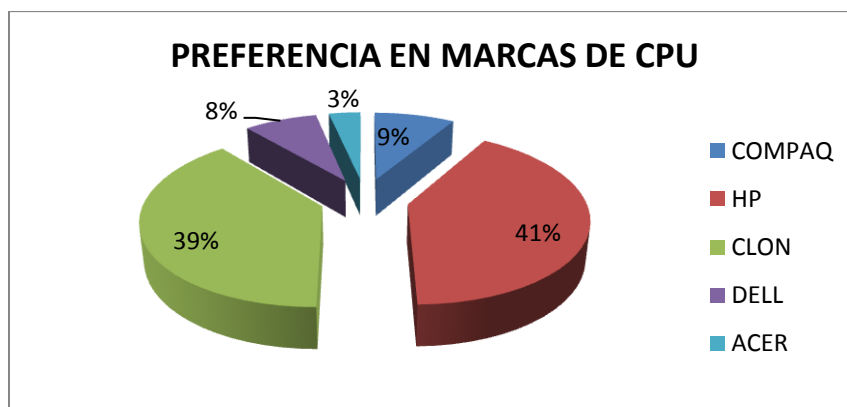


Figura 11 Estadística en preferencias en marcas de PC

Fuente: elaboración propia

Como se presenta en el gráfico anterior predominan los equipos tipo Hewlett Packard con un 41% seguido por equipos clones con el 39%. Estos resultados evidencian gran dificultad a la hora de implementar políticas de pos consumo.

**Marcas de procesador:**

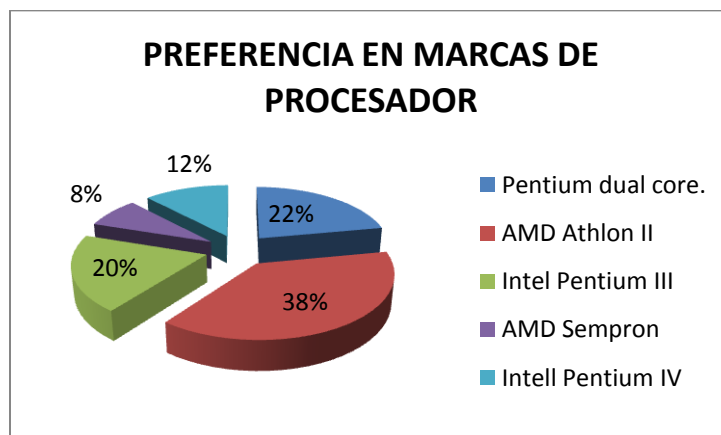


Figura 12 Estadística en preferencias en marcas de procesadores  
Fuente: elaboración propia

En lo referente a procesadores las marcas más populares corresponden a AMD Athlon II seguido por Pentium Dual Corre y con un 22% Intel Pentium III.

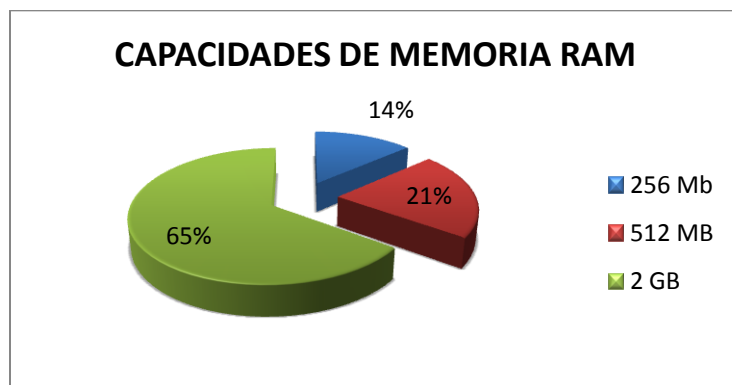


Figura 13 Estadística en capacidades de memoria RAM  
Fuente: elaboración propia

Con base en los requerimientos mínimos para el desarrollo de los programas académicos y los resultados anteriores, se evidencia que un porcentaje importante entre el 14 y el 26 % de la base instalada no cumple con estos requerimientos por lo que se estima que estos equipos están próximos a cumplir su vida útil por obsolescencia.

### 6.1.6. Frecuencia de uso

Para evidenciar el nivel de presión al que están sometidos los equipos y la importancia de implementar medidas de protección y mantenimiento se recogió información acerca de la frecuencia de uso en las instituciones visitadas obteniéndose como resultado:

Área administrativa: es general para todas las instituciones y acorde con el horario laboral de 8 horas diarias.

Área académica:

Tabla 19 Intensidad de uso diario

Institución	Intensidad promedio de uso diario (h)
Normal Superior	5
José Eusebio Caro	5
Gabriela Mistral.	9
Francisco Antonio de Ulloa.	9
Colombo Francés	4
Seminario Menor Arquidiocesano.	5
Colegio Champagnat de Popayán.	9

Fuente: elaboración propia

Para colegios que operan en doble jornada el tiempo de uso promedio corresponde a 9 horas y 5 para instituciones con una sola jornada académica.

### 6.1.7. Mantenimiento:

Las instituciones públicas y algunos privados, no cuentan con un programa de mantenimiento periódico, en general éste es llevado a cabo por profesores o encargados del programa de sistemas, ante un evento específico de daño o problemas de operación; y consta de mantenimiento a nivel de software y limpieza en general. Algunas instituciones argumentan haber sido beneficiadas del programa de mantenimiento de computadores para educar pero solo por un periodo corto.

Solo la institución educativa privada Colombo Francés cuenta con un programa de mantenimiento periódico que se realiza de 2 a 4 veces por año llevado por los encargados de la sala y un mantenimiento anual realizado por un técnico especializado a nivel de hardware y actualización o ampliación de la capacidad.

### 6.1.8. Almacenamiento de equipos dados de baja

Se evidenció que solo algunas de las instituciones visitadas cuentan con una zona con condiciones aceptables para el almacenamiento de los equipos de manera que garanticen parcialmente la integridad general de dichos equipos para aumentar su potencial de reacondicionamiento o reciclaje. En la mayoría de las

instituciones los equipos y periféricos se encuentran apilados en áreas junto con otros materiales dados de baja como pupitres, mesas y otros elementos académicos, sin ninguna protección especial y en ambientes de humedad y polvo excesivo que además generan problemas de salud ocupacional para los empleados encargados de almacén.

Otra problemática identificada, se relaciona con la capacidad de las zonas de almacenamiento, debido a que no se han registrado procesos de baja en la mayoría de las instituciones públicas visitadas, razón por la cual las áreas de almacenamiento han llegado a su máxima capacidad, obligando al personal a almacenar de manera inadecuada los equipos en las aulas de sistemas o en otras áreas académicas.

A continuación, se presentan algunas imágenes de las condiciones de almacenamiento de algunos de los colegios visitados:



Figura 14 Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos. Normal superior  
Fuente: tomada en campo



Figura 15 Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos. José Eusebio Caro  
Fuente: tomada en campo



Figura 16 Gabriela Mistral. Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos.  
Fuente: tomada en campo



Figura 17 Colegio Champagnat de Popayán.. Almacenamiento de residuos de de computadores y/o periféricos.  
Fuente: tomada en campo

### 6.1.9. Residuos de computadores generados.

Uno de los objetivos de las visitas era poder cuantificar la cantidad de residuos generados a través de la revisión de los inventarios y datos de almacén, pero por motivos de políticas y logística de las instituciones no se pudo acceder a dicha información, por lo que la metodología para la estimación de la cantidad de residuos se basó en el conteo directo de los equipos y periféricos en la zona de almacenamiento o información de las última baja realizadas suministrada por funcionarios de las instituciones. Se encontraron diferencias significativas en las cantidades de bajas realizadas por instituciones públicas y privadas, dado que estas últimas han realizado más de una baja en los últimos diez años, a diferencia de las instituciones públicas quienes en su mayoría no han realizado ni la primera, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 20 Residuos de computadores y/o periféricos.

Institución	Equipos completos	Monitores	Teclados	Ratones	Componentes de CPU
Normal Superior	25	3	5	2	5
José Eusebio Caro	28	10	7	5	8
Gabriela Mistral.	19	4	2	0	5
Francisco Antonio de Ulloa.	25	5	2	1	7
Colombo Francés	17	3	5	7	2
Seminario Menor Arquidiocesano.	38	5	9	7	7
Colegio Champagnat de Popayán.	45	7	7	3	9

Fuente: elaboración propia.

Para estimar la cantidad en peso generada en los últimos años por las instituciones se tomaron en cuenta los siguientes pesos promedios:

Tabla 21 Pesos promedio de equipos de cómputo.

Componentes	Peso promedio de (Kg)
CPU	7
MONITOR CRT (15" - 17")	16
MONITOR LCD	6
PORTÁTIL (14.2" - 15.")	3
TECLADO	0.2
RATÓN	0.07
FUENTE	1.5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22 Residuos en peso (Kg) generados por las instituciones.

Institución	Equipos con mon. CRT	Monitores	Teclados	Ratones	Fuentes	Total
Normal Superior	575	48	1	0,14	7,5	983,7
José Eusebio Caro	644	160	1,4	0,35	12	1106,1
Gabriela Mistral.	437	64	0,4	0	7,5	749,2
Francisco Antonio de Ulloa.	575	80	0,4	0,07	10,5	986,3
Colombo Francés	391	48	1	0,49	3	667,2
Seminario Menor Arquidiocesano.	874	80	1,8	0,49	10,5	1494,7
Champagnat de Popayán.	1035	112	1,4	0,21	13,5	1770,4

Fuente: elaboración propia

Para poder evaluar los residuos generados es importante establecer la producción per cápita promedio tomando como referencia la población estudiantil de las instituciones visitadas, para lo cual se solicitó información a la secretaria de educación municipal del cruce de matriculas llevado a cabo para los años 2011 y 2012. Los resultados del análisis se presentan a continuación:

Tabla 23 Producción per capita de residuos actualmente

Institución	producción per cápita (Kg/estudiante)
Normal Superior	1,7
José Eusebio Caro	1,4
Gabriela Mistral.	1,7
Francisco Antonio de Ulloa.	1,7
Colombo Francés	2,7
Seminario Menor Arquidiocesano.	2,1
Colegio Champagnat de Popayán.	2,1

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, la producción per cápita en los últimos años, calculada para las instituciones educativas públicas, oscila alrededor de 1,67 Kg, a excepción del colegio José Eusebio Caro, con un producción per cápita de 1,4 Kg/estudiante, la razón de este valor, se relaciona con la practicas de reacondicionamiento y reuso, al interior de la institución, lo que ha generado una disminución importante en la generación de residuos, y representa un antecedente representativo a la hora de definir la estrategia de Producción mas Limpia para instituciones educativas.

Con respecto a las instituciones privadas la producción per cápita promedio es de 2,3 Kg/estudiante.

#### **6.1.10. Resultados revisión técnica de los residuos presentes en las instituciones.**

Como parte de la información recopilada en campo, se llevo a cabo una revisión técnica del estado y las características generales de los equipos almacenados como residuos, en las instituciones visitadas, con el objetivo de definir el potencial de reacondicionamiento y reuso, como parte el sistema de gestión a proponer.

Los resultados se presentan a continuación.

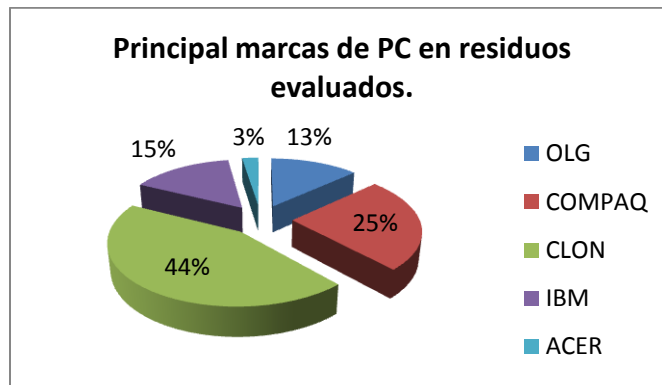


Figura 18 Estadística marcas de PC en residuos.  
Fuente: elaboración propia

En cuanto a marcas de de CPU, se observó que el principal, corresponde al tipo Clon con un 44% seguido por COMPAQ con un 25% e IBM con un 15%.

Uno de los principales parámetros, para de definir el potencial de reacondicionamiento de los equipos, es el tipo de procesador, en este sentido se encontró que el principal tipo de procesador corresponde a Intel Pentium I con un 54% seguido de Intel Pentium II con un 29% de acuerdo con el siguiente grafico.

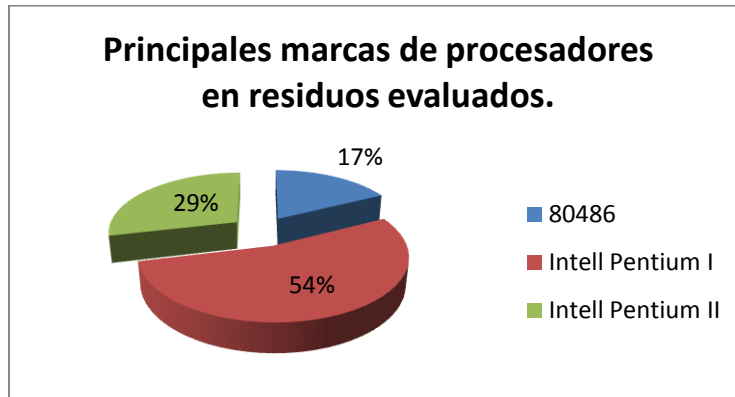


Figura 19 Estadística marcas de procesadores en residuos.  
Fuente: elaboración propia

Otro parámetro importante, es la capacidad del computador, en relación con las memorias RAM, para este caso se encontró que un 45% de residuos de computadores cuentan con memoria RAM DE 128 Mb al igual que memorias con capacidad de 256Mb.



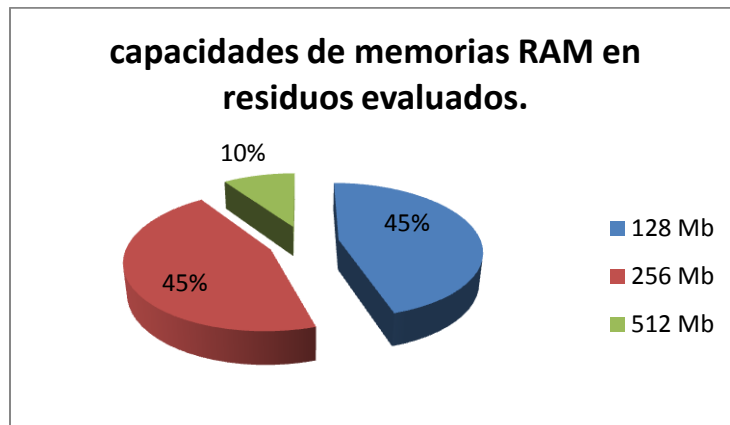


Figura 20 Estadística marcas de capacidad de memoria RAM en residuos.  
Fuente: elaboración propia

Otro parámetro evaluado fue, las marcas de tarjetas madre o Board, destacándose la marca APM con un 43% seguido de ASROCK y MSI con un 26% y 24% respectivamente.

### Principales marcas de board en residuos evaluados.

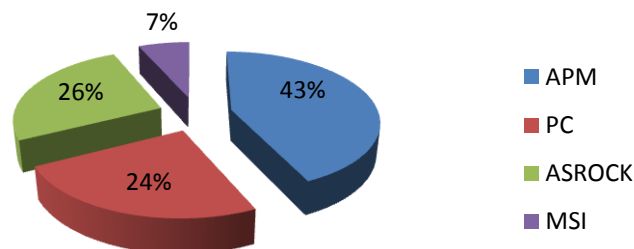


Figura 21 Estadística marcas de board en residuos.  
Fuente: elaboración propia

#### 6.1.11. Potencial de reacondicionamiento.

Para establecer el potencial de reacondicionamiento de los equipos dados de baja como residuos de computadores, se llevó a cabo una descripción general de los componentes que debería tener un computador, para ser incluido en un programa de optimización y/o reacondicionamiento fundamental en la implementación de una estrategia de Producción más Limpia.

Si se tienen en cuenta las características mínimas que debe presentar un computador para alcanzar las condiciones óptimas de funcionamiento, acorde con los requerimientos académicos de las instituciones se pueden establecer las

mínimas para implementar un proceso de reacondicionamiento y lograr reincorporar equipos obsoletos a las etapas previas al final del ciclo de vida en las instituciones.

Considerando, que la mayoría corresponden a maquinas obsoletas, su potencial de re-uso es mínimo, ya que algunos componentes son incompatibles con los que se pueden encontrar en el mercado actualmente; debido a esto, lo más importante, es evaluar lo concerniente a la incompatibilidad de las tarjetas madres con los procesadores con las capacidades mínimas para la demanda operativa de los equipos de computo.

En este sentido, lo recomendable, es que los equipos a ser incluidos en un programa de reacondicionamiento tengan un buen estado en el conjunto, Tarjeta Madre – Procesador ya que la compatibilidad con periféricos es algo de menor complejidad debido a su gran adaptabilidad, resultado de su lento desarrollo en comparación con la vertiginosa evolución que sufren los procesadores.

De este modo, podemos concluir, que las características mínimas para someter a reacondicionamiento un equipo son:

**Tabla 24 Características mínimas para reacondicionamiento de equipos.**

Elemento	Características
<b>Procesador</b>	Pentium 4 o Superior
<b>Memoria RAM</b>	128 Mega Bytes
<b>Disco Duro</b>	N/A
<b>Medios Ópticos</b>	N/A
<b>Monitor</b>	N/A
<b>Periféricos</b>	N/A

Fuente: elaboración propia

Comparando las estadísticas obtenidas, a partir de la revisión técnica de los RAEE con las característica mínimas para reacondicionamiento establecidas, se pude concluir que ningún computador de los que se encuentran en los almacenes de la instituciones son susceptibles de reacondicionamiento total y la única posibilidad de aprovechamiento es a través de extracción de partes para reacondicionamiento de equipos que sí cuenten con las características mínimas. Solo un 29% podrían reacondicionarse, para usos que no requieran mucha capacidad de operación como vigilancia o programas académicos simples.

Este resultado es producto de la falta de implementación de un sistema de Producción mas Limpia y las malas prácticas de uso y almacenamiento, que han llevado a desaprovechar el potencial de reacondicionamiento que en su momento presentaron estos equipos.

Por lo que, en el marco de un sistema de gestión, primero debe darse solución a la problemática causada por el almacenamiento de estos equipos, para después implementar una estrategia de Producción mas Limpia que permita aprovechar al máximo las capacidades de reacondicionamiento y cerrar de la mejor manera el ciclo de vida de computadores en instituciones educativas.

#### **6.1.12. Reuso y/o reacondicionamiento.**

Al interior de las instituciones, se llevan a cabo procesos de reacondicionamiento, como reutilización de componentes de computadores dados de baja, para reacondicionar u optimizar equipos en funcionamiento o con problemas de operación. Estas prácticas, son realizadas generalmente por los docentes, que en algunos casos cuentan con la formación técnica, sin embargo, procesos más complejos no se llevan a cabo por razones de costos.

En algunas instituciones, sobre todo en las de carácter privado se llevan a cabo procesos de optimización de equipos a nivel de software y aumento de capacidad mediante la adquisición de componentes nuevos como discos duros o memorias RAM.

Una estrategia muy interesante, que se evidencio en algunas instituciones como Jose Eusebio Caro y el Colombo Francés fue el desensamble manual de componentes de los equipos dados de baja como fuentes, tarjetas madre, cables, discos duros, etc. para ser utilizados en programas académicos como electrónica básica y mantenimiento de computadores, lo que disminuye de manera significativa la cantidad de residuos generados, sin embargo, la mayor problemática se presenta a nivel de monitores, periféricos y algunos componentes como las fuentes, que no son aprovechados en estos programas por la complejidad en su ensamblaje.

Este es un antecedente muy interesante, del cual se puede partir para consolidar las estrategias de Producción mas Limpia para cierre de ciclos de vida a través de la implementación y optimización de estas iniciativas en la totalidad de las instituciones educativas.

A continuación, se presentan algunas imágenes de partes usadas en programas académicos:



Figura 22 Institución educativa Colombo Francés. Componentes de. Residuos de computadores y periféricos empleados en el programa de “técnicos de sistemas” en convenio con el SENA.  
Fuente: tomada en campo



Figura 23 Institución educativa José Eusebio Caro. Componentes de. Residuos de computadores y periféricos empleados en programas de electrónica básica y mantenimiento de computadores.  
Fuente: tomada en campo



Institución educativa champagnat . Componentes de. Residuos de computadores y periféricos empleados en programas académicos  
Fuente: tomada en campo

### **6.1.13. Baja de Equipos**

Este proceso, se desarrolla de manera diferenciada, en instituciones privadas y públicas. En el primer caso, el proceso es llevado a cabo, sin ningún tipo de control por parte de autoridades o entes departamentales, por lo que el proceso se resume a diligenciamiento de formatos y descargos, mediante documentos escritos para hacer oficial la salida del inventario, posteriormente, se ofrecen los equipos para venta en general de empleados de la institución, sin embargo se evidencian problemas en la organización de esta información, en caso de no conseguir la salida de la totalidad de los equipos por este medio, se ofrece en venta pública o son regalados a tiendas de tecnología como System Store que operan en el municipio de Popayán, en algunas ocasiones, al no contar el municipio con un sistema de gestión de residuos electrónicos, estos son entregados a recicladores informales o depositados de manera inadecuada en basureros, campos abiertos o rivera de los Ríos.

En el caso de instituciones educativas públicas, los equipos se encuentran inventariados por el ministerio de educación nacional, por lo que el proceso es sometido a un mayor control relacionado con la salida del inventario. Sin embargo, por esta razón, no se han registrado procesos de baja al interior de las instituciones visitadas, evidenciándose graves problemas de espacio y acumulación de residuos, ya que de acuerdo con lo expresado por funcionarios, el sistema presenta deficiencias al no estar claro el procedimiento y al no existir un sistema de gestión adecuado, solo en algunos casos se han reportado donaciones a grupos o entidades sin ánimo de lucro de características sociales, pero han sido casos muy puntuales y de cantidades no representativas.

De acuerdo con lo expresado por funcionarios de la alcaldía municipal, los inconvenientes presentados en este tema, se deben principalmente a problemas de gestión y desconocimiento por parte de las instituciones, ya que el proceso para retirar del inventario obedece a solicitudes de las instituciones previas a vistas y finalmente a diligenciamiento de actas de baja.

## **6.2. DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.**

El municipio de Popayán no cuenta con un sistema de gestión de residuos eléctricos y electrónicos por lo que la problemática generada por la producción de este tipo de residuos se agrava cada día más.

Para establecer un sistema de gestión es necesario identificar los actores, las responsabilidades y obligaciones de cada uno de ellos para establecer el panorama general de manera que el sistema propuesto sea acorde con las necesidades y condiciones reales del municipio.

De acuerdo con información suministrada por funcionarios de la corporación autónoma regional del Cauca CRC, la responsabilidad del manejo y gestión de los

residuos generados de computadores y/o periféricos es enteramente de la institución al considerarse esta como el generador.

De acuerdo con el decreto 4741 de 2005 los residuos electrónicos se consideran residuos peligrosos por sus características y composición interna. Además este decreto establece tres actores en su gestión:

- El generador
- La autoridad ambiental
- Gestor externo (el que hace el tratamiento de los residuos peligrosos)

También establece las obligaciones del generador, entre las cuales se identifican:

- Elaborar un Plan de Gestión Integral de los Residuos Peligrosos.
- Identificar las características de peligrosidad
- Garantizar condiciones adecuadas de empaque y embalaje. Este último de acuerdo con el artículo 10 párrafo 1 El almacenamiento de residuos o desechos peligrosos en instalaciones del generador no podrá superar un tiempo de doce (12) meses
- Realizar el registro de los residuos peligrosos en una plataforma nacional administrada por el IDEAM.
- Contratar los servicios de Almacenamiento, Recuperación, Tratamiento, y/o Disposición final con empresas autorizadas. A continuación se presenta la clasificación de generadores de acuerdo con cantidades de residuos generadas anualmente.

Tabla 25 Tipos de generadores:

Categoría del generador	Cantidad de residuos generados
Gran Generador	Igual o mayor a 1000kg/mes
Mediano Generador	Entre 100- 1000 Kg/mes
Pequeño Generador	Entre 10-100 Kg/mes

Fuente: decreto 4741 de 2005

De acuerdo con la situación evidenciada en las vistas, la gran mayoría de las instituciones educativas del municipio no cumplen con ninguna de estas obligaciones, si bien es cierto que de acuerdo con el volumen generado de residuos electrónicos mensual no es suficiente para clasificar a las instituciones como pequeños generadores, la corporación mediante resoluciones internas 948 y 1545 obliga a registrar y presentar el plan de gestión integral de residuos peligrosos a todo generador independiente del peso mensual reportado, por lo que se requiere de una estrategia que permita a las instituciones realizar una gestión adecuada de sus residuos para garantizar el cumplimiento de la



normatividad vigente y prevenir y/o mitigar los efectos causados por sus prácticas inadecuadas de gestión.

La usencia de un sistema claro para la gestión de computadores y/o periféricos en el municipio de Popayán ha llevado a que un gran volumen de estos equipos sea depositados en calles o entregados a gestores informales un ejemplo claro es la situación evidenciada a las afueras de la institución educativa instituto técnico industrial en donde se encontró un lote de residuos de computadores y/o periféricos a las afueras de la institución tal y como se observa en la siguiente fotografía (figura 25) tomada en abril del presenta año .



Figuran 24 Residuos de computadores y/o periféricos a las afueras de la institución educativa la industrial.  
Fuente: tomada en campo

En cuanto a gestores externos que operan en el departamento del Cauca o sus alrededores el único cercano es LITO S.A. NIT 811.024.067-9 Sede Cali que realiza actividades de aprovechamiento y transformación de excedentes industriales entre ellos residuos electrónicos y que cuenta con licencia ambiental otorgada por la corporación autónoma regional del Valle del Cauca mediante resolución N°0710-0175del 2007, razón por la cual varias instituciones no solo educativas sino públicas y privadas en general entregan estos residuos a recicladores o gestores informales que no cuentan con las especificaciones técnicas para el desarrollo de sus actividades y por ende con la respectiva licencia como es el caso presentado en corregimiento el Cairo, zona rural del Municipio de Cajibío en donde la CRC identifico y sancionó un sitio en el cual se realizaban

labores de almacenamiento y aprovechamiento de residuos electrónicos (ver figura 26) en especial de computadores de manera inadecuada e ilegal ya que no cumple con ninguna especificación técnica como contar con una cubierta, pisos en concretó, batería sanitaria, áreas de seguridad y no cuenta con planes de contingencia y de seguridad industrial – ocupacional, situación que fue sancionada por la corporación.



Figura 25 Zona de disposición final de residuos electrónicos en corregimiento el Cairo, zona rural del Municipio de Cajibío (Cauca)

Fuente: corporación autónoma regional del Cauca

Otros actores importantes a considerar son las empresas de aseo y gremios u organizaciones de recicladores como SERVIASEO, ASOCAMPO y RECIMPAYAN que de acuerdo con entrevista realizadas a funcionarios y trabajadores en algunas ocasiones , muy pocas realizan prácticas de reciclaje de partes de computadores pero sin ningún tipo procedimientos técnicos autorizados acordes con la peligrosidad de estos residuos, igualmente SERVIASEO argumenta la presencia de estos en el relleno sanitario el OJITO de Popayán.

### 6.3. ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE RESIDUOS DE COMPUTADORES.

De acuerdo con la metodología propuesta para la estimación y proyección de los residuos generados en el total de las instituciones de educación básica, se llevó a cabo un análisis del comportamiento de la base instalada, partiendo del supuesto en que a partir del 2014 la base instalada se mantendrá en 12 estudiantes por computador y su comportamiento dependerá del aumento o disminución de estudiantes en las instituciones tendencia que se asumió igualmente para instituciones privadas.



### 6.3.1. Proyección población estudiantil

Este cálculo se realizó con base en información y estadísticas suministradas por la alcaldía municipal acerca del comportamiento de la población estudiantil y estableciendo tasas de crecimiento promedio se estableció la población estudiantil hasta el año 2035:

Tabla 26 Población estudiantil proyectada hasta el año 2035

Años	Oficial	No oficial	Total	Años	Oficial	No oficial	Total
2012	46303	10366	56669	2024	58515	6415	64930
2013	47215	9960	57174	2025	59668	6163	65831
2014	48145	9569	57714	2026	60844	5922	66765
2015	49093	9194	58287	2027	62042	5689	67732
2016	50060	8833	58894	2028	63264	5466	68731
2017	51046	8487	59534	2029	64511	5252	69763
2018	52052	8154	60206	2030	65781	5046	70828
2019	53077	7835	60912	2031	67077	4848	71926
2020	54123	7528	61651	2032	68399	4658	73057
2021	55189	7232	62422	2033	69746	4476	74222
2022	56276	6949	63225	2034	71120	4300	75420
2023	57385	6676	64061	2035	72521	4132	76653

Fuente: elaboración propia

### 6.3.2. Proyección base instalada (BS):

Con los resultados de la proyección de población estudiantil se calculó la base instalada para cada año (i) hasta el 2035 tomando como base doce estudiantes por computador hasta el 2035 a excepción de los años 2012 y 2013 para los que se tomaron 14 estudiantes por computador. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 27 Proyección base instalada a 2035

Años	B.i. proyectada	Años	B.I. proyectada	Años	Base instalada proyectada
2012	144	2017	168	2022	169
2013	144	2018	168	2023	169
2014	168	2019	168	2024	169
2015	168	2020	168	2025	169
2016	168	2021	168	2026	169
2027	169	2030	169	2033	169
2028	169	2031	169	2034	170
2029	169	2032	169	2035	170

Fuente: elaboración propia.

### 6.3.3. Proyección base instalada segmentada (BIS):

Para establecer la base instalada en cantidades de monitores LCD, CRT, CPU y portátiles se utilizaron porcentajes asumidos a partir de información presentada en el estudio “modelling computer waste flows in the formal and the informal sector a case study in Colombia” y adaptadas con base en las características de la base instalada de las instituciones visitadas. A continuación se presentan porcentajes asumidos para cada equipo de cómputo:

- El 24% de la base instalada total corresponderán a portátiles, este porcentaje se asumió de acuerdo con las características de la base actual y suponiendo que la relación Portátiles/ PC se mantendrá a diferencia de las tendencias del mercado ordinario soportando este supuesto en lo expresado por funcionarios de la institución quienes argumentan no pretender aumentar esta relación por motivos de facilidad a la horas de desarrollar los programas académicos.
- El 76% de la base instalada total corresponderán a ordenadores de escritorio.
- El porcentaje de monitores CRT a 2012 es del 48% a partir de ese año este porcentaje disminuirá a razón de la generación de sus residuos. Este comportamiento se asumió partiendo del hecho de que las ventas formales de monitores CRT es del 0% por lo que la participación de estos monitores en la base instalada disminuirá conforme estos vayan cumpliendo su vida útil.
- El porcentaje de monitores LCD será igual a 1-%CRT.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 28 Proyección base instalada segmentada

AÑO	CPU	CRT	LCD	PORT..					
2012	109	69	75	34	2024	128	0	169	40
2013	109	41	102	35	2025	128	0	169	41
2014	128	32	136	40	2026	128	0	169	41
2015	128	16	152	40	2027	128	0	169	41
2016	128	0	168	40	2028	128	0	169	41
2017	128	0	168	40	2029	129	0	169	41
2018	128	0	168	40	2030	129	0	169	41
2019	128	0	168	40	2031	129	0	169	41
2020	128	0	168	40	2032	129	0	169	41
2021	128	0	168	40	2033	129	0	169	41
2022	128	0	169	40	2034	129	0	170	41
2023	128	0	169	40	2035	129	0	170	41

Fuente: elaboración propia.

#### 6.3.4. Análisis de vida útil

La vida útil promedio entendida como “la duración estimada que un objeto puede tener cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado”<sup>4</sup> es un parámetro fundamental para la estimación de RAEE para su aplicación en el presente estudio se asumieron vidas útiles efectivas promedio para los equipos de computo evaluados con base en el estudio “modelling computer waste flows in the formal and the informal sector a case study in Colombia” y corresponden a los siguientes:

EQUIPO	VIDA ÚTIL (años)
CPU	6
PORTÁTIL	4
LCD	4

En el caso de los CRT, no se considero la vida útil para el cálculo de residuos generados ya que para el año 2012 no se puede determinar a ciencia cierta la vida útil restante a partir de dicho año base por hacer parte de adquisiciones tiempo atrás y de las cuales no se obtuvo información de primera mano, por lo anterior se supone una tasa de generación de residuos del 16,7% anual asumiendo una entrada constante seis años antes de del año base de cálculo.

#### 6.3.5. Factor de reacondicionamiento (FR):

Tal y como se mencionó en la metodología otro factor importante para calcular la generación de residuos de computadores en el marco de un sistema de gestión, es el factor de reacondicionamiento el cual determina el porcentaje de residuos generados que vuelven a la etapa funcional del ciclo de vida aumentando la vida útil efectiva en *vu2*.

En este orden de ideas se asumieron dos escenarios; uno basado en las condiciones actuales de gestión de computadores y/o periféricos y otro estimado en el marco de un sistema adecuado de gestión los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 29 Parámetros considerados para estimación de residuos generados.

parámetro	Escenario 1	Escenario 1
FR	15%	30%
<i>vu2</i>	3	3

Fuente: elaboración propia.

<sup>4</sup> Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. EMPA. 2008

### **6.3.6. Método de generación Base Instalada-Vida Útil.**

Como se expuso en la metodología el cálculo de residuos generados se llevo a cabo mediante el método de Suministro de Mercado adaptado del método “Market supply method” el cual se fundamenta en la siguiente expresión:

$$RAEE \text{ generados } (i) = \text{compras} \times (I - vu) + \text{compras} \times FR(I - vu - vu2)$$

Donde

$FR = \text{factor de reacondicionamiento}$

$I = \text{año compra} - \text{año de estimacion}$

$vu = \text{vida util en años}$

$vu2 = \text{segunda vida util}$

Los supuestos y consideraciones para su aplicación se presentan en el capítulo de metodología y los resultados se presentan en las tablas 30 y 31.

En los resultados obtenidos se puede evidenciar la disminución efectiva en la generación de residuos al implementar estrategias que permitan porcentajes importantes de reacondicionamiento. La producción total estimada acumulada hasta el 2035 bajo las condiciones actuales de manejo y gestión de computadores y/o periféricos se estima en 69,15 toneladas para CPU , 23,56 toneladas de residuos de monitores CRT, 52,66 en residuos de monitores LCD y 12 en residuos de portátiles para una producción anual per cápita promedio de 0,102 Kg. Implementando una estrategia que permita alcanzar metas de reuso del 30% como la considerada en la guía propuesta la disminución efectiva se calcula en 15% de generación de residuos y un 7% en compras de equipos de cómputo reduciendo la producción per cápita anual promedio de residuos a 0,093 Kg.

## Residuos generados en unidades.

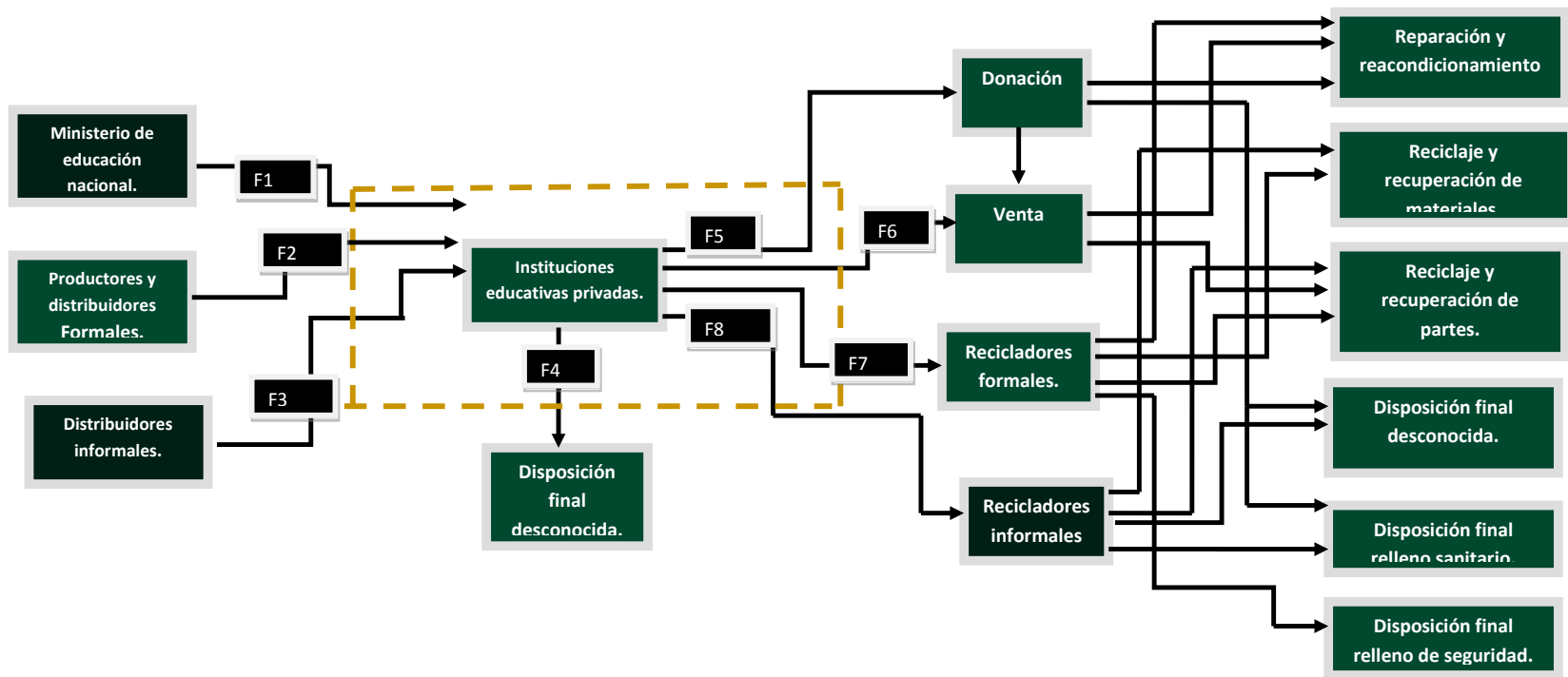
AÑO	ESCENARIO 1 (unidades)				ESCENARIO 2 (unidades)			
	RESIDUOS CPU.	RESIDUOS CRT.	RESIDUOS LCD	RESIDUOS PORTÁTILES	RESIDUOS CPU	RESIDUOS CRT	RESIDUOS LCD	RESIDUOS PORTÁTILES
2012	211	211	0	0	211	211	0	0
2013	211	211	0	0	211	211	0	0
2014	211	211	0	0	211	211	0	0
2015	211	211	0	0	211	211	0	0
2016	211	211	0	0	211	211	0	0
2017	211	211	582	680	211	211	333	389
2018	211	211	192	6	0	211	110	3
2019	1120	0	559	122	640	0	319	70
2020	167	0	448	299	95	0	612	587
2021	534	0	282	11	305	0	279	10
2022	653	0	441	61	1059	0	594	110
2023	246	0	692	489	243	0	417	168
2024	405	0	251	18	558	0	233	14
2025	252	0	510	100	250	0	319	41
2026	254	0	608	428	252	0	635	482
2027	892	0	304	25	618	0	225	21
2028	227	0	527	96	239	0	479	101
2029	486	0	672	449	387	0	585	436
2030	844	0	316	33	982	0	314	29
2031	276	0	547	106	250	0	539	100
2032	499	0	692	465	536	0	561	312
2033	429	0	350	42	548	0	289	36
2034	311	0	586	117	307	0	444	85
2035	807	0	718	463	659	0	679	484
<b>TOTAL</b>	<b>9878</b>	<b>1477</b>	<b>9276</b>	<b>4011</b>	<b>9193</b>	<b>1477</b>	<b>7966</b>	<b>3477</b>

Tabla x Residuos generados en toneladas

AÑO	ESCENARIO 1 (toneladas)				ESCENARIO 2 (toneladas)			
	RESIDUOS CPU.	RESIDUOS CRT.	RESIDUOS LCD	RESIDUOS PORTÁTILES	RESIDUOS CPU	RESIDUOS CRT	RESIDUOS LCD	RESIDUOS PORTÁTILES
2012	1,478	3,379	0,000	0	1,478	3,379	0	0
2013	1,477	3,376	0,000	0	1,477	3,376	0	0
2014	1,477	3,376	0,000	0	1,477	3,376	0	0
2015	1,477	3,376	0,000	0	1,477	3,376	0	0
2016	1,477	3,376	0,000	0	1,477	3,376	0	0
2017	1,477	3,376	3,494	2,040	1,477	3,376	1,996	1,166
2018	1,477	3,376	1,153	0,018	0,000	3,376	0,659	0,010
2019	7,838	0,000	3,354	0,366	4,479	0,000	1,916	0,209
2020	1,169	0,000	2,687	0,898	0,668	0,000	3,675	1,762
2021	3,736	0,000	1,693	0,033	2,135	0,000	1,673	0,030
2022	4,571	0,000	2,645	0,184	7,411	0,000	3,565	0,329
2023	1,723	0,000	4,149	1,467	1,701	0,000	2,501	0,503
2024	2,834	0,000	1,508	0,053	3,907	0,000	1,398	0,043
2025	1,762	0,000	3,061	0,299	1,749	0,000	1,914	0,124
2026	1,777	0,000	3,646	1,285	1,764	0,000	3,808	1,447
2027	6,244	0,000	1,825	0,075	4,323	0,000	1,347	0,063
2028	1,590	0,000	3,164	0,287	1,670	0,000	2,871	0,304
2029	3,402	0,000	4,030	1,347	2,711	0,000	3,513	1,307
2030	5,909	0,000	1,895	0,100	6,876	0,000	1,883	0,086
2031	1,929	0,000	3,280	0,318	1,750	0,000	3,237	0,300
2032	3,491	0,000	4,153	1,396	3,749	0,000	3,369	0,935
2033	3,006	0,000	2,099	0,127	3,835	0,000	1,735	0,107
2034	2,176	0,000	3,514	0,350	2,147	0,000	2,666	0,254
2035	5,651	0,000	4,308	1,390	4,615	0,000	4,072	1,452
<b>TOTAL</b>	<b>69,149</b>	<b>23,635</b>	<b>55,657</b>	12,033	<b>64,351</b>	<b>23,635</b>	<b>47,798</b>	<b>10,432</b>

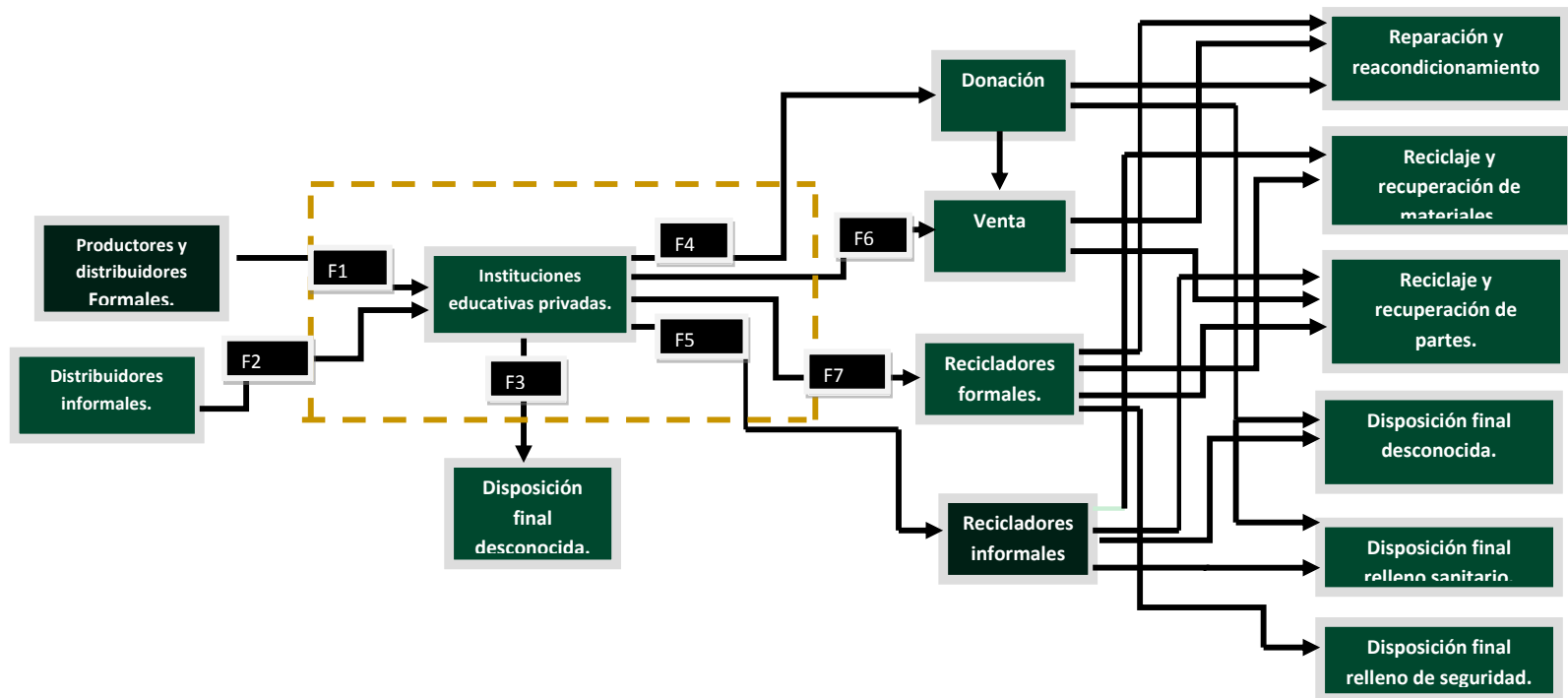
### 6.3.7. Análisis de flujo de materiales:

El sistema considerado para el análisis se definió con base en las etapas del ciclo de vida en las que las instituciones educativas participan que corresponden a: adquisición, uso, almacenamiento interno, y disposición final o baja final. los sistema seleccionado se presentan en los siguientes diagramas:



----- Sistema de analisis.

Figura 26 Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones públicas.  
Fuente: elaboración propia.



Sistema de analisis. - - - - -

Figura 27 Diagrama del sistema de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones privadas.  
Fuente: elaboración propia.



La distribución de los flujos de entrada y salida del sistema definido se estableció a partir de la información suministrada por los funcionarios de las instituciones visitadas de la siguiente manera:

Tabla 30 Consideraciones para la estimación de flujos Residuos de computadores en inst. publicas.

<b>F1</b>	compras(i)*0,52
<b>F2</b>	F1*(0,38)/0,52
<b>F3</b>	F1*(0,10)/0,52
<b>F4</b>	0,03*RAEE (I+uv)
<b>F5</b>	F4*(0,05)/0,03
<b>F6</b>	F4*(0,1)/0,03
<b>F7</b>	F4*(0,07)/0,03
<b>F8</b>	F4*(0,05)/0,03

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31 Consideraciones para la estimación de flujos Residuos de computadores en inst.. Privadas

<b>F1</b>	compras(i)*0,84
<b>F2</b>	F1*(0,16)/0,84
<b>F3</b>	0,13*RAEE (I+uv)
<b>F4</b>	F4*(0,10)/0,13
<b>F5</b>	F4*(0,4)/0,13
<b>F6</b>	F4*(0,12)/0,13
<b>F7</b>	F4*(0,20)/0,13

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior se estimaron los flujos para CPU, monitores LCD y portátiles ya que como se ha mencionado el comportamiento de los monitores CRT en el ciclo solo está determinado por el cumplimiento de su vida útil. los resultados se presentan en el capítulo de anexos. En figuras 28 y 29 se presenta el análisis de flujo total de computadores y/o periféricos acumulados hasta el año 2035 para instituciones públicas y privadas partiendo de que las primeras por su densidad estudiantil representan el 80% de la generación de residuos.

Para estimar la acumulación en el sistema de control se calcula partir de la siguiente expresión:

$$\sum_{n0} \dot{m}_{almacenamiento} = \sum_{ni} \dot{m}_{entrada} - \sum_{n0} \dot{m}_{salida}$$

$$\sum_{n0} \dot{m}_{almacenamiento} = 107,63 \text{ toneladas} - 28,52 \text{ toneladas} = 79,115 \text{ toneladas}$$

La acumulación total para el año de muestra corresponde al 79% en las instituciones educativas de carácter público resultado de la gestión inadecuada de estos residuos evidenciando una la implementación urgente de una estrategia de Producción mas Limpia para el cierre de estos ciclos de vida justificando así la guía propuesta.

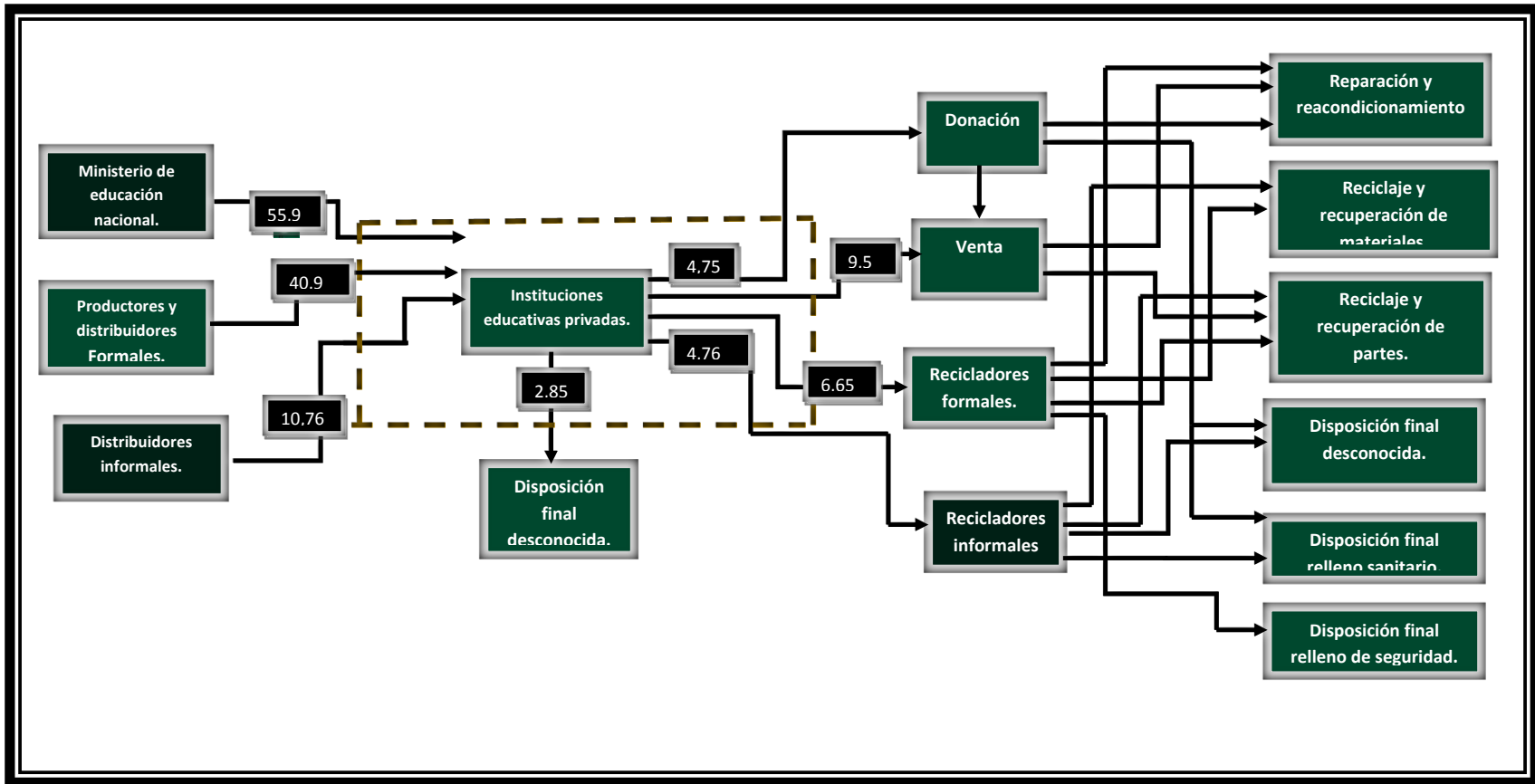


Figura 28 Flujos estimados de residuos de computadores y periféricos para instituciones públicas.  
Fuente: elaboración propia.

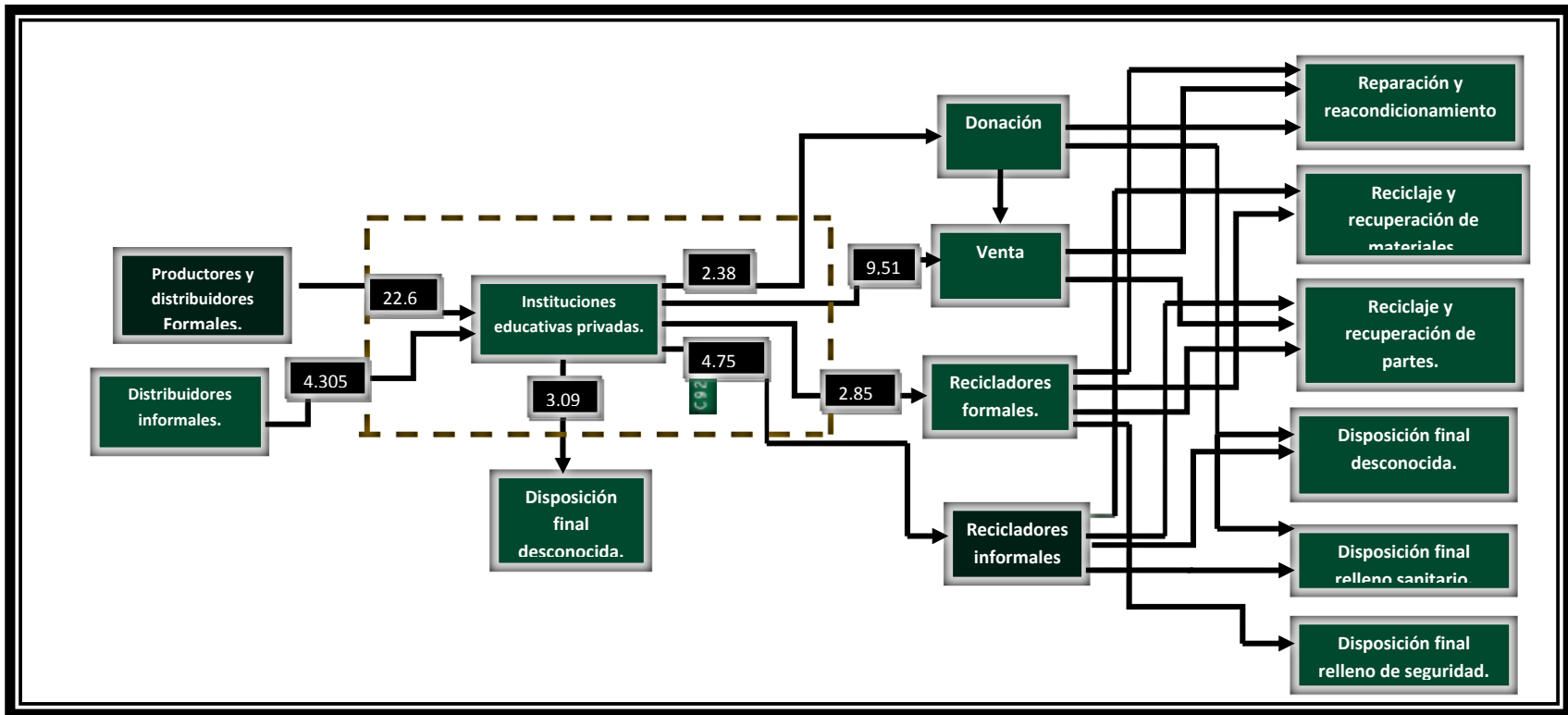


Figura 29 Flujos estimados de residuos de computadores y periféricos para instituciones privadas.  
Fuente: elaboración propia

Para instituciones privadas los resultados de la acumulación corresponden a:

$$\sum_{n0} \dot{m}_{almacenamiento} = \sum_{n1} \dot{m}_{entrada} - \sum_{n0} \dot{m}_{salida}$$

$$\sum_{n0} \dot{m}_{almacenamiento} = 26,9 \text{ toneladas} - 22,6 \text{ toneladas} = 4,33 \text{ toneladas}$$

A diferencia de las instituciones públicas la tasa de almacenamiento para instituciones privadas es del 16% aproximadamente, sin embargo los flujos de donaciones o entrega a recicladores formales es muy inferior en comparación con los flujos correspondientes a ventas o reciclaje informal que no siguen procedimientos de manejo acordes con la peligrosidad de estos residuos con lo que evidencia otro tipo de problema a nivel del gestión de RAEE.

Con base en la dos problemáticas anteriormente descritas se concluye que la herramienta de Producción mas Limpia a proponer que además busca la vinculación de las entidades educativas privadas en el sistema general, debe incluir estrategias a nivel de fortalecimiento de procesos internos de gestión, logística y operación fundamentadas en política green it y estrategias a nivel de sistema de gestión de RAEE.

La importancia del cierre de ciclo de vida de computadores y/o periféricos en el marco de un sistema de gestión integral de sus residuos radica entre otras cosas por los materiales con alto potencial de reciclaje y demanda en el mercado como metales, cobre y materiales con importancia por su peligrosidad como los retardantes de llama o PWBs. Para analizar el comportamiento de estos materiales en el sistema se llevó a cabo un análisis de flujo de materiales para metales ferrosos, aluminio, cobre, PWBs, plástico y baterías y capacitores. El cual se fundamento en la siguiente expresión

$$\dot{M} = \sum_{k=1}^q \dot{m}_{ij}^k$$

Donde:

i = 1, ..., n como el índice de los flujos.

j = 1, ..., p como el índice de materiales.

k = 1, ..., q como el índice de bienes.

Para establecer el contenido de cada uno de los materiales a tomaron los porcentajes en peso en cada bien de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 32 Porcentaje en peso de materiales de residuos de computadores y periféricos.

Material Level 1 →	CPU <sup>(1)</sup>		Laptop <sup>(2)</sup>		CRT-monitor <sup>(3)</sup>		LCD-monitor <sup>(4)</sup>	
Material Level 2	kg/CPU	(%)	kg/laptop	(%)	kg/CRT	(%)	kg/LCD	(%)
Ferrous metals	6.700	67.00%	0.554	18.47%	1.250	10.42%	-	-
Aluminium	0.380	3.80%	0.168	5.60%	0.200	1.67%	0.550	11.00%
Copper	0.120	1.20%	0.014	0.47%	0.500	4.17%	0.010	0.20%
Brass	0.020	0.20%	-	-	-	-	-	-
Metals (non defined)	-	-	0.560	18.67%	-	-	-	-
PWBs	1.320	13.20%	0.410	13.67%	1.200	10.00%	0.220	4.40%
Plastics	0.810	8.10%	0.420	14.00%	2.400	20.00%	1.900	38.00%
CRT	-	-	-	-	6.450	53.75%	-	-
Screen	-	-	0.600	20.00%	-	-	2.320	46.40%
Batteries, capacitors	0.080	0.80%	0.274	9.13%	-	-	-	-
Other waste	0.220	2.20%	-	-	-	-	-	-
Copper (from wires)	0.220	2.20%	-	-	-	-	-	-
Plastic (from wires)	0.130	1.30%	-	-	-	-	-	-
<b>Total weight (kg)</b>	<b>10.000</b>		<b>3.000</b>		<b>12.000</b>		<b>5.000</b>	

Fuentes: "modeling computer waste flows in the formal and the informal sector a case study in Colombia"

Los resultados de dicho análisis se presentan en las figuras 31 y 32.

### Instituciones públicas.

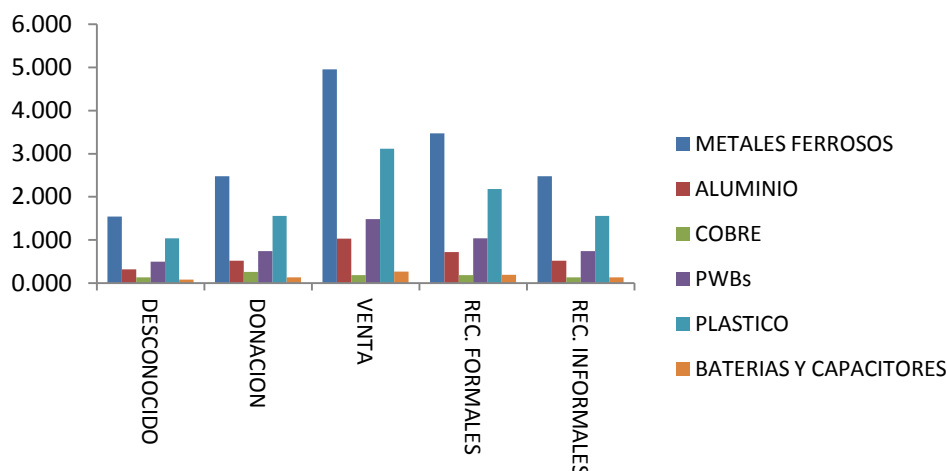


Figura 30 Análisis comparativo de flujos de materiales en las etapas de postconsumo sector público  
Fuente: elaboración propia.

## Instituciones privadas

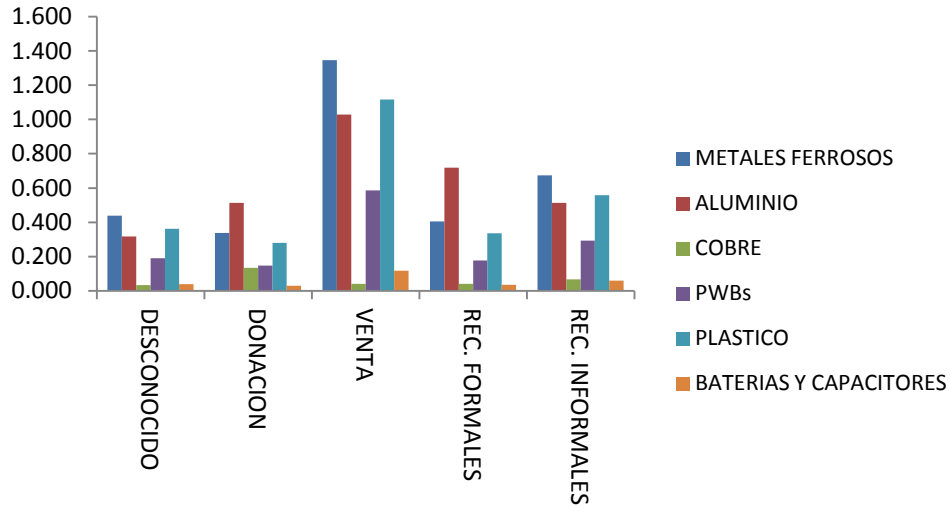


Figura 31 Análisis comparativo de flujos de materiales en las etapas de postconsumo sector privado  
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en los gráficos anteriores la mayor pérdida de material aprovechable como aluminio, cobre y metales ferrosos se presenta en los flujos de venta y entrega a recicladores informales quienes de acuerdo con información recolectada y bibliografía consultada desaprovechan la mayor cantidad y se exponen a altos riesgos relacionados con los materiales peligrosos los cuales son manipulados sin ningún tipo de control o protección. Los resultados anteriores también demuestran la necesidad de establecer una estrategia o diseñar unos mecanismos que permitan aprovechar la mayor cantidad posible y eliminar los flujos de sustancias peligrosas sin control en todas las instituciones de educación justificando la elaboración y aplicación de la guía objeto del presente trabajo.

## 7. GUÍA

Para hacer de la guía una herramienta de fácil implementación y que permita el cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos al interior de las instituciones de educación básica en el municipio de Popayán, se considero como pilar fundamental es la implementación de actividades o mecanismos de Producción mas Limpia teniendo en cuenta el eslabón de la cadena productiva al cual pertenecen (clientes prestadores de servicios) y de acuerdo con el volumen de adquisición y generación de residuos.

Uno de los objetivos de implementar mecanismos de logística es de considerar y tratar los residuos de computadores y/o periféricos como residuos susceptible de ser reincorporado en las cadenas de producción como bienes o materiales generando valor a través del cierre de ciclos de vida y no como basura inservible. El mecanismo de Producción mas Limpia, teniendo en cuenta el papel que juegan las instituciones educativas en la cadena de producción, se centrará no solo en gestión de los desperdicios, residuos y desechos que genera el proceso de venta de sus servicios sino también en cada una de las etapas dentro de la instituciones desde los procesos de adquisición considerando por ejemplo las denominadas comparas verdes hasta actividades reuso, reacondicionamiento y reciclaje.

También es fundamental considerara no solo los residuos de computadores y/o periféricos directos sino también los producidos durante las actividades de adquisición y uso de los mismos como por ejemplo cajas, empaques, etiquetas entre otros y residuos de tipo intangibles como por ejemplo la energía necesaria para el funcionamiento por lo se incluyeron además políticas Green It que permiten además de los beneficios generales en términos de reducción de residuos un buena eficiencia energética en torno al uso de computadores y/o periféricos.

En términos de beneficios ambientales esperados al implementar este tipo de mecanismos se consideran la reducción y minimización de los residuos que son desechados directamente sobre el entorno y la eficiencia energética tanto en el uso como en las etapas de producción al disminuir la energía consumida para la obtención primaria de materias primas al reincorporar bienes o materiales directamente al ciclo productivo mediante prácticas de reusos, reacondicionamiento y reciclaje que además representa grandes beneficios económicos. En la siguiente tabla se muestran los ahorros de energía obtenidos al reciclar algunos de los materiales encontrados en los residuos de computadores y/o periféricos.

Tabla 33 Ahorros de energía obtenidos del proceso de reciclaje de RAEE.

<b>Ahorros de energía asociados al reciclaje</b>	
<b>Material</b>	<b>% de Ahorro</b>
Aluminio	95
Cobre	85
Hierro	74
Acero	65

. Fuente: HOYOS A. J.C. Medellín, 2011.

Finalmente varias de los mecanismos seleccionados respetan y permiten la implementación de políticas de Green It para alcanzar beneficios en termino de reducción de emisiones de gases efecto invernadero al reemplazar bienes materiales utilizados en procesos internos relacionados con la gestión de computadores y/o periféricos por productos o “materiales” virtuales y garantizando calidad en la base instalada para contribuir con estrategias Green It impulsadas desde el Ministerio de Educación Nacional como videoconferencias, ambientes virtuales de educación, entre otras. Como referencia de estos beneficios se puede citar un artículo desarrollado por Malcolm Johnson Director de la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) quien a su vez cita un informe elaborado en Ecuador en el 2009 argumenta que “un uso más eficiente y efectivo las TIC a través de este tipo de iniciativas puede ayudar a reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero aproximadamente en un 15% al año 2020”.

## **7.1. PROCESOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE CÓMPUTO.**

Una de las debilidades a nivel operativo en las instituciones de educación básica en el municipio de Popayán, se presenta a nivel de procesos de adquisición de equipos de cómputo a nivel de procedimientos, definición de requerimientos técnicos y adquisición a través de productores y/o distribuidores que cuenten o hagan parte de políticas de postconsumo.

Para el cierre de ciclos de vida mediante Producción mas Limpia es fundamental la optimización de los procesos relacionados con cada una de las etapas del ciclo, que para el caso de las instituciones inicia con la adquisición de los equipos la cual debe llevarse a cabo a través de procedimientos organizados y definidos bajo criterios técnicos y ambientales para implementar con mayor eficacia la Producción mas Limpia, al permitir definir claramente los canales comerciales y/o productores para generar las condiciones optimas de comunicación entre los eslabones de la cadena productiva.



En desarrollo de la presente guía se propone un mecanismo que incluye recomendaciones desde la etapa de la justificación de la necesidad para la adquisición hasta criterios y procedimientos que permitan establecer la mejor opción comercial. Dicho proceso se describe a continuación:

Tabla 34 Ficha de proceso para la adquisición de equipos de computo.

Código		AD-01
Adquisición de equipos.		
Descripción actividad	Responsable	
Realizar estudio de conveniencia de la adquisición de equipos. (Formato digital EC-1)	Docente de sistemas	
Expedición del certificado de disponibilidad presupuestal. (Formato DP-2)	Área administrativa.	
Cotización mínimo a cinco proveedores mediante formato digital en el que se especifique que la propuesta debe estar respaldada como mínimo con información referente a garantía y políticas ambientales.	Almacenista.	
Recepción (sobre cerrado) y evaluación de cotizaciones por comité de compra.	Almacenista, docente, administrativo.	
Adquisición del equipo.	Almacenista	
Realizar prueba de funcionamiento.	Docente.	
Formato de ingreso. ( digital FI-4)	Almacenista.	
Entrega final al docente encargado e ingreso a inventario personal (ver formato inventario personal.A22)	Almacenista	

Fuente: elaboración propia.

Formato estudio de conveniencia para adquisición de equipos de cómputo:

ESTUDIO DE CONVENIENCIA PARA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE COMPUTO.				
INSTITUCIÓN EDUCATIVA.				
CODIGO	EC-1			
DATOS GENERALES				
Fecha de elaboración	D	M	A	
Dependencia.				
Equipo/s a adquirir				
diligenciado por:				
presupuesto estimado:				
DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD QUE SE PRETENDE SATISFACER.				
PRESUPUESTO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VR. UNITARIO ESTIMADO.	TOTAL
TOTAL PRESUPUESTO				

Figura 32 Formato estudio de conveniencia para adquisición de equipos de cómputo.

Fuente: elaboración propia

### Formato de certificado de disponibilidad presupuestal:

INSTITUCION EDUCATIVA	
FORMATO: CERTIFICACION DE DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL	
CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL	CODIGO DP-2

**CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD PRESUPUESTAL No. XXX**

Fecha: MM/DD/AAAA

El suscrito Jefe de la División de Presupuesto

**CERTIFICA**

Que dentro del Presupuesto General de Rentas y Gastos de la INSTITUCION EDUCATIVA XXXXXXX del presente Periodo Fiscal, existe saldo disponible y no comprometido, para amparar el compromiso que se pretende asumir así:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VR UNITARIO ESTIMADO.	TOTAL
<b>TOTAL CERTIFICADO</b>				

Figura 33 Formato de certificado de disponibilidad presupuestal para adquisicion de equipos de cómputo.  
Fuente: elaboración propia

### Formato de ingreso (Digital) FI4:

INSTITUCION EDUCATIVA				
ORDEN INGRESO No.				
FECHA				
ORIGEN DEL INGRESO				
Oden Compra No.				
DESCRIPCION DEL ELEMENTO	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL	NO. INVENT.

Figura 34 Formato de ingreso (Digital) FI4.  
Fuente: elaboración propia

Este formato será diligenciado para cada orden de compra individual en donde se especificaran los equipos adquiridos a través de dicho proceso y se le asignara un número o placa de inventario con el cual se diligenciaran los formatos de inventario para facilitar el control y el seguimiento al interior de la institución.

Para facilitar la implementación del proceso antes descrito se presenta continuación un diagrama con cada una de las etapas y responsables:

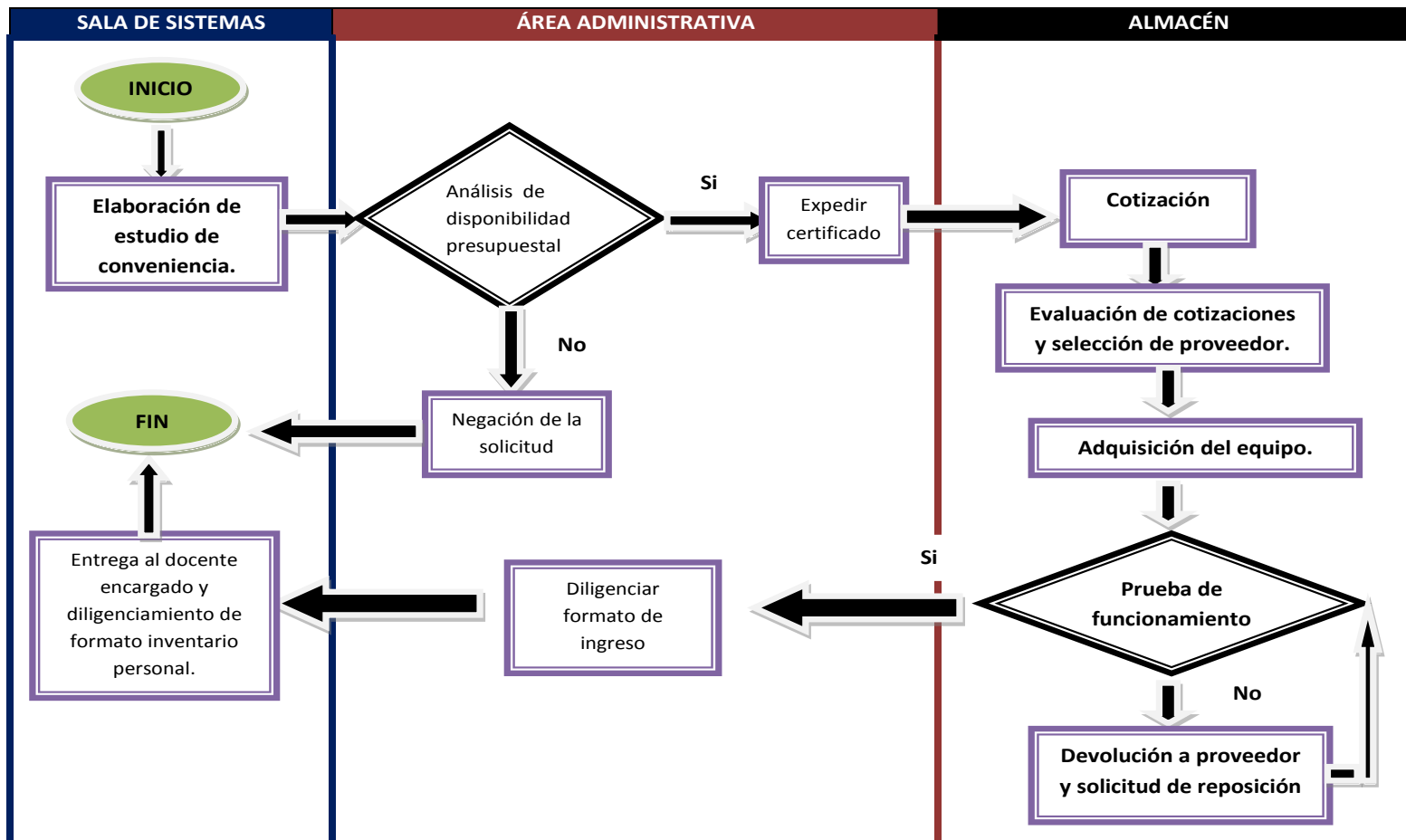


Figura 35 Diagrama de proceso adquisición de equipos.  
Fuente: elaboración propia

Como se menciono anteriormente los criterios ambientales en la adquisición son fundamentales a la hora de implementar Producción mas Limpia, para el cierre de ciclos de vida para lo cual se recomienda implementar estrategias Green It con las que además se pueden obtener beneficios importantes en términos energéticos. Según el Global Ecolabelling Network, existe una gran variedad de países que están incorporando criterios ambientales a la compra de equipos de cómputo, algunos ejemplos son Australia, Canada, Czech Republic, Unión Europea, Japón Taiwan, entre otros.

A continuación se presentan algunas recomendación o criterios ambientales a tener en cuenta al momento de adquirir un equipo de computo algunas de las cuales ya han sido implementadas por el CPE en los procesos de adquisición de equipos para suministros escolares.

Tabla 35 Criterios a tener en cuenta en el proceso de adquisición

<b>Equipos de cómputo cuyos componentes sean fácilmente reciclables.</b>	Los componentes deben ser de fácil separación de piezas y materiales
	Las piezas de plástico deben estar identificadas con su símbolo característico
<b>Definición de especificaciones del equipo de computo a adquirir</b>	Definir especificaciones ambientales tenidas en cuenta en el producto como por ejemplo certificaciones ambientales (ver tabla 36)
<b>Evaluación de ofertas/ adjudicación del contrato</b>	Adjudicar más puntos a aquellas ofertas en las que se indica un mejor cumplimiento ambiental que el mínimo definido.
<b>Equipos de cómputo eficientes en cuanto a energía.</b>	Con sistemas automáticos de ahorro de energía
	Con certificación Energy Star

Fuente: elaboración propia

Para facilitar el reconocimiento de productos o equipos que cumplan con normativas ambientales se recomienda tener en cuenta las llamadas Eco etiquetas que permiten identificar productos que cumplen con normativas ambientales y que van dirigidas principalmente hacia la minimización del consumo energético y otros aspectos importantes como la presencia de metales pesados y retardantes de llama, el ruido y las emisiones electromagnéticas, etc. Algunas de ellas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 36 Eco etiquetas ambientales para equipos de computo.

1. Certificado Energy Star	
2. Ecoetiqueta Ángel Azul	
3. Ecoetiqueta Cisne Nórdico	
4. Etiqueta ecológica europea	
5. Ecoetiqueta TCO	

Fuente: Domenech Cots J. R. (Costa Rica). 2011

Una de las eco etiquetas de mayor difusión son las del certificado Energy Star lanzadas a través de un programa desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos que se planificó para promocionar y reconocer eficiencia energética en monitores, equipos de climatización y otras tecnologías. Aunque de carácter voluntario inicialmente, resultó pronto de amplia aceptación, pasando a ser un hecho la presencia de un modo de descanso (*sleep mode*) en la electrónica de consumo. Hoy en día prácticamente todos los proveedores principales de equipos electrónicos se han adherido al programa, luciendo sus sistemas el logotipo *Energy Star*. Los resultados del programa son muy prometedores por ejemplo en el informe anual de 2007 se estima que en EEUU se ahorró energía cuyo importe económico supondría 16 billones de dólares y evitó la emisión de 40 millones de toneladas de gases de efecto invernadero<sup>5</sup>.

## 7.2. MANEJO DE INVENTARIOS.

Considerando la Producción mas Limpia como estrategia para el cierre de ciclos de vida es importante definir mecanismos funcionales en cada proceso relacionado con el manejo de equipos en las instituciones, por ejemplo, en el caso de los inventarios es fundamental definir un mecanismo funcional que permita tener claridad acerca del estado de los equipos en cada etapa del ciclo de vida al interior de la institución para evitar la generación de flujos de residuos desconocidos y sin control.

<sup>5</sup> LÓPEZ. V. M, HUEDO C.E., GARBAJOSA. S.J. Green IT: tecnologías para la eficiencia energética en los sistemas TI. España

Dentro de los resultados arrojados por el diagnóstico, se identificó que en la mayoría de las instituciones educativas no se llevan a cabo procesos de inventario o lo hacen de manera inadecuada y en medios físicos condición que dificulta la integridad de la información y genera procesos aislados de control. Por lo que la guía plantea un mecanismo mediante el manejo de formatos para inventarios aplicables en programas básicos de bajos requerimientos en términos de capacidad operativa como Excel y/o Acces los cuales se describen a continuación:

### 7.2.1. Formato de Inventario General ( FIG):

INSTITUCION EDUCATIVA							
INVENTARIO FISICO							
FECHA							
PLACA INV.	FUNCIONARIO	No.CEDULA	DESCRIPCIO DEL ELEMENTO	MARCA	MODELO	No. SERIE	VALOR
REPRESENTANTE LEGAL				ALMACENISTA			

Figura 36 Formato de Inventario General (FIG).  
Fuente: elaboración propia.

Este formato busca presentar de manera general los equipos incluidos en el inventario total de las instituciones independientemente del área donde hayan sido asignados los equipos, y debe ser diligenciado y manejado por el encargado del almacén en medio digital.

### 7.2.2. Formato de inventario personal A22 (Digital):

INSTITUCION EDUCATIVA _____					FORMATO A22	
Inventario de elementos a cargo de:			Por el cual se hace responsable ante la institucion educativa			
FECHA						
PLACA INV.	DESCRIPCIO DEL ELEMENTO	MARCA	MODELO	No. SERIE	VALOR	
REPRESENTANTE LEGAL			FUNCIONARIO			

Figura 37 Formato de inventario personal A22  
Fuente: elaboración propia.

Con este formato no solamente se tendrá un inventario a nivel de almacén sino en cada área en donde se asignen equipos para garantizar el control y la organización dentro de cada una de estas, con el objetivo principal de agilizar los procesos de manejo de inventario a nivel de almacén y la comunicación entre este último y las demás dependencias.

### 7.2.3. Formato de reintegro de elementos al Almacén (Digital):

INSTITUCION EDUCATIVA					FORMATO A 23
INVENTARIO DE ELEMENTOS QUE SE REINTEGRAN AL ALMACEN					
FECHA					
PLACA INV.	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	MARCA	MODELO	No. SERIE	VALOR
ALMACENISTA			FUNCIONARIO		

Figura 38 Formato de reintegro de elementos al Almacén (Digital):  
Fuente: elaboración propia

Este formato será utilizado cuando se requieran reincorporar total o parcialmente equipos desde las distintas dependencias ya sea por no requerirse, para efectos de mantenimiento, etc.

### 7.2.4. Formato de egreso de elementos (Digital):

ORDEN EGRESO No.					
FECHA					
DESTINO					
DESCRIPCIO DEL ELEMENTO	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VALOR TOTAL	NO. INVENT.	
ALMACENISTA				JEFE DIVISION	

Figura 39 Formato de egreso de elementos (Digital)  
Fuente: elaboración propia

Para los elementos que posterior a una evaluación se consideren para Baja definitiva serán incluidos en este formato una vez se tenga firmada la respectiva acta (ver baja de equipos)

Nota: Se recomienda llevar a cabo copias de seguridad mensuales.

### 7.3. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS:

Para el éxito de la implementación de mecanismos de Producción mas Limpia para el cierre de ciclos de vida se deben garantiza las condiciones adecuadas de almacenamiento de los residuos de computadores y/o periféricos al interior de las instituciones, a continuación se plantean una serie de recomendaciones técnicas a tener en cuenta con base en la guía del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible:

- Se debe disponer una zona de almacenamiento especial para residuos eléctricos y electrónicos aislada de residuos de tipo común y elementos académicos y de reserva.
- Esta zona debe estar protegida contra la intemperie garantizándose temperatura ambiente para evitar que agentes contaminantes puedan lixiviar al ambiente debido a los efectos del tiempo y garantizar el potencial de reacondicionamiento o reutilización de los equipos.
- Debe contar con pisos impermeables y antideslizantes para evitar infiltraciones, contaminación de los suelos y accidentes ocupacionales.
- Debe contar con la capacidad adecuada para el manejo de todo el inventario.
- El acceso a la zona de almacenamiento debe ser restringido y debidamente señalado.
- Se deben registrar debidamente las salidas y entradas de acuerdo con el procedimiento establecido en la ficha MI-02.
- No se deben llevar a cabo procesos o prácticas de desensamble manual y reciclaje en estas zonas.
- Los residuos se deben disponer en cajas de madera o cartón corrugado debidamente rotuladas garantizando la integridad de los equipos, la mínima manipulación y facilitando su almacenamiento, carga y transporte hacia los procesos posteriores. En caso de monitores CRT se recomienda introducir una capa de espuma o plástico burbuja.
- Se recomienda almacenar por tipo de equipo diferenciando CPU, monitores LCD, monitores CRT, portátiles, periféricos y cables y conectores externos.
- En caso de fracturas de equipos especialmente monitores se deben empacar restos de material desprendido en envases impermeables para evitar la pérdida de partículas y pedazos.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el tiempo máximo de almacenamiento al interior de las instituciones que de acuerdo con el artículo 10 párrafo 1 de Decreto 4741 de 2005 que reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos, el almacenamiento en instalaciones del generador no debe ser mayor a un año a menos que se cuente con una extensión de dicho periodo por parte de la autoridad ambiental. Dentro de las actividades de recopilación de información primaria para el desarrollo de la Guía se contó con la asesoría de un funcionario de la CRC quien argumentó que el tiempo máximo que podría permitirse para el almacenamiento de residuos electrónicos específicamente de computadores y periféricos en instituciones educativas teniendo en cuenta la dinámica de generación sería de dos años por lo que es el tiempo máximo recomendado por la Guía.



#### 7.4. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS

Para el cierre de ciclos de vida mediante Producción mas Limpia es fundamental considerar la Estrategia Jerarquizada de Gestión de Residuos la cual se describe en la siguiente figura:



Figura 40 Diagrama estrategia jerarquizada de gestión de residuos.  
Fuente: CHILE. C y V medioambiente. Junio 2009

De acuerdo con esta estrategia la prevención y la minimización son fundamentales en términos de gestión de residuos y se logran a través de mecanismos aplicados a lo largo de toda la cadena productiva. Centrándonos en el eslabón del consumidor, en este caso las instituciones educativas, lo mejor es llevar a cabo actividades de aprovechamiento de residuos de computadores y/o periféricos que sumados con los mecanismos propuestos en la presente guía para la optimización de procesos con consideraciones ambientales garantizarán buenos resultados en la prevención y minimización.

Como se mencionó en el capítulo anterior en el departamento del Cauca no se cuenta con un sistema de gestión de RAEE que permita a las instituciones hacer entrega para su tratamiento y disposición final. En general, el proceso llevado a cabo por grandes generadores consiste en el acopio temporal (máximo de un año según la ley) y la entrega a un gestor externo ubicado fuera del departamento del Cauca.

Considerando lo anterior, y como parte de la guía se propone un mecanismo para la gestión de los residuos que incluye no solamente la disposición final sino también actividades de aprovechamiento y valorización que permitan prevenir y minimizar los residuos generados a través del reuso, el reacondicionamiento y el reciclaje contribuyendo a la prolongación de la vida útil de los equipos, la disminución de la brecha digital y asegurando el ciclo completo de los materiales y el ahorro de recursos naturales y energéticos. A continuación se describen cada uno de estos componentes:

#### **7.4.1. Reuso directo**

Consiste en la reutilización directa del equipo usado sin realizarle ninguna adecuación importante. Este componente dentro de una estrategia de gestión de RAEE es fundamental y de acuerdo con la Directiva WEEE el reuso es la opción preferida y recomienda que antes de ingresar los equipos a las etapas de reciclaje o disposición final debe considerarse la viabilidad técnica del reusó en términos de reuso directo y reacondicionamiento.

En este sentido y de acuerdo con el panorama de uso en las instituciones educativas, se propone que una vez dado de baja un equipo por no cumplir con las características técnicas necesarias para su uso en aulas académicas (obsolescencia) sea transferido posterior a un mantenimiento y prueba de funcionalidad a bibliotecas para consulta de bases de da datos o para ser utilizados como herramientas de vigilancia.

#### **7.4.2. Reacondicionamiento**

Es un proceso técnico de renovación y restauración, en el cual se restablece completamente las condiciones funcionales y estéticas de un equipo en desuso de tal forma que el equipo puede ser usado en un nuevo ciclo de vida. Como meta de la implementación de este componente en la estrategia de Producción mas Limpia se propone un 30% de garantizando el manejo ambientalmente responsable de los equipos y sus residuos.

Como antecedente del éxito de estrategias de reacondicionamiento y reciclaje se puede destacar las labores que en el tema ha adelantado el programa Nacional de Computadores para Educar (CPE) cuyo objetivo es el de brindar acceso a las tecnologías de información y comunicaciones a instituciones educativas públicas de Colombia, mediante el reacondicionamiento, ensamble y mantenimiento de equipos. El Programa fue lanzado oficialmente en marzo del 2000 por el Presidente y Primera Dama de Colombia y funciona como una asociación entre tres entidades públicas: el Ministerio de Comunicaciones, el Ministerio de Educación Nacional y el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA<sup>6</sup>.

El programa CPE recibe los computadores de empresas privadas, instituciones públicas y personas naturales y tiene cinco centros de reacondicionamiento (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cúcuta). En general, se realiza un proceso de separación de partes, donde se separan las CPUs, los teclados, los monitores, los ratones, y demás periféricos y accesorios. Las CPUs son llevadas a la zona de pruebas donde se determina la existencia y estado de los discos duros, los cuales son formateados a bajo nivel, asegurando la confidencialidad de eventual información almacenada anteriormente por los donantes<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> DANIEL OTT, Empa. Gestión de residuos electrónicos en Colombia. Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares. Marzo; 2008.

<sup>7</sup> Ibid., P 138

Adicionalmente, desde mediados del 2007, CPE empezó con el desarrollo del Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (CENARE), en donde por el momento están realizando procesos de de manufactura manual de equipos y partes para la recuperación y aprovechamiento funcional de los mismos, además de la generación de corrientes limpias de desecho para su posterior reciclaje.

### **7.4.3. Reciclaje**

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<sup>8</sup>.

En términos generales se pueden identificar dos niveles de reciclaje:

#### **Reciclaje de componentes sin pérdida funcional**

“Un equipo usado para el cual su restauración y reparación completas no sean económicamente eficientes puede todavía contener uno o más componentes que puedan ser reutilizados. Para este fin los equipos deben ser desensamblados con el mayor cuidado para evitar el daño de los componentes a ser reutilizados”<sup>9</sup>. En este sentido la estrategia propuesta es la conformación de un almacén de partes operado y administrado al interior de la institución para procesos de reacondicionamiento. las partes recuperadas serán limpiadas, ajustadas mecánicamente o electrónicamente, reconfiguradas y probadas para que cumplan con su función.

El CENARE por ejemplo, ha implementado la plataforma de robótica educativa que consiste en la elaboración de kits de robótica con fines educativos algunos de estos se describen a continuación

---

<sup>8</sup> CHILE. C y V medioambiente. Diagnostico Producción, Importación y Distribución de Productos Electrónicos y Manejo de los Equipos Fuera de Uso. Santiago de Chile. Junio 2009

<sup>9</sup> lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. MAVDT. 2011

Veleta electrónica: Dispositivo para la captura y visualización en pantalla (Edera) de la dirección en tiempo real del viento. Basado en la posición relativa del indicador del viento ó veleta con respecto a una posición de referencia medido como el desplazamiento angular y traducido en pasos operados por un motor de paso. Posee una resolución de 1.8 grados y no tiene banda muerta, en contraste con los modelos basados en el uso de un potenciómetro.

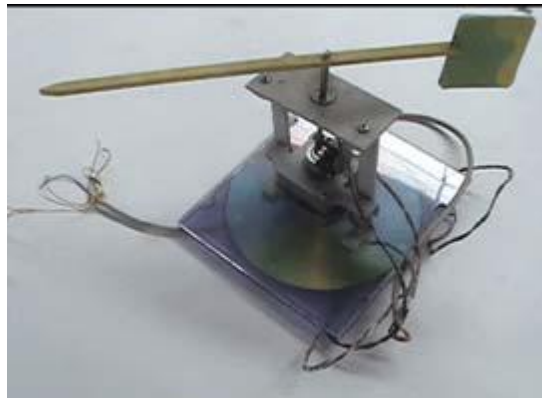


Figura 41 veleta electrónica en el marco de la plataforma educativa del CENARE.  
Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Computadores para Educar. Bogotá; 2008

Fotomóvil: Robot móvil de tres ruedas, dos traseras con tracción independiente tipo motor DC y una delantera local o fija. Comando de movimiento adelante o atrás por medio de relé doble polo doble tiro operado por transistor y fotorresistencia.

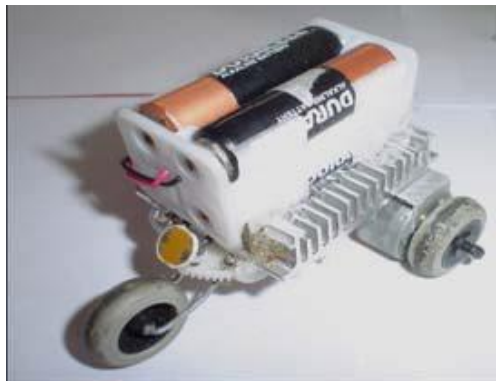


Figura 42 Fotomóvil en el marco de la plataforma educativa del CENARE  
Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Computadores para Educar. Bogotá; 2008

A nivel de instituciones educativas se identificaron practicas como el reciclaje de componentes como herramientas educativas sin embargo estas son llevadas a cabo sin ningún tipo de medidas de seguridad, en este sentido se identificaron algunos componentes que pueden ser utilizados en Kits educativos para elctronica

básica y reparación de computadores y se plantea una serie de recomendaciones para su almacenamiento y manipulación.

Estos Kits estarían conformados por varios componentes internos de un computador, como por ejemplo el disco duro, memoria RAM, tarjeta madre, fuente de poder, medios extraíbles (unidad de CD-R, DVD-R, Drive 3/2, lector multi-memorias) con los cuales, se pueda dar una pequeña instrucción o introducción a los estudiantes de las instituciones educativas al mundo de los computadores y a la electrónica, de esta manera motivar el conocimiento, perder el miedo a la tecnología e incentivar el cuidado de los estudiantes a los medios electrónicos que posee la institución.

### **Reciclaje de materiales**

Consiste en la recuperación de materiales mediante procesos mecánicos, físicos y químicos como la adsorción, precipitación, fundición, separación por densidad y por flotación, centrifugación, Electroseparación, Espectroscopía, separación electrostática entre otras.

En el diagnóstico se pudo evidenciar que algunas instituciones realizan prácticas de reciclaje sin embargo están son llevadas a cabo sin ningún tipo de control y especificaciones técnicas por lo que en la guía se incluyen recomendaciones y lineamientos acorde con los del ministerio, para llevar a cabo actividades de desensamble de equipos para aprovechamiento de algunos componentes y materiales que no representan riesgo. Por el nivel de complejidad y los requisitos técnicos y de inversión para llevar a cabo procesos de reciclaje avanzados, para instituciones el reciclaje se limitará a procesos manuales de aprovechamiento y valorización que permitirá entre otras cosas la recuperación directa de algunos recursos contenidos en los residuos para beneficios directos de las instituciones o del valor energético de los materiales que lo componen al ser entregados a gestores externos para procesos más avanzados de extracción y aprovechamiento de materiales. En este sentido como resultado de las actividades propuestas se generaran dos tipos de corrientes: una de materiales aprovechables debidamente descontaminados y que serán vendidos a empresas especializadas en procesos fundición o chatarrerías, y una corriente de materiales y residuos compuestos peligrosos y potencialmente aprovechables para ser entregados a gestores externos para procesos de refinación térmica y química e incineración de residuos peligrosos.

Algunas alternativas de manejo propuestas por diversos autores se describen a continuación:

## **Monitores CRT<sup>10</sup>:**

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 encuentran:

- 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.
- 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.

## **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.

---

<sup>10</sup> CHILE. C y V medioambiente. Diagnostico Producción, Importación y Distribución de Productos Electrónicos y Manejo de los Equipos Fuera de Uso. Santiago de Chile. Junio 2009

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.

Es importante aclarar que 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.

### **Recuperación y reciclado de plásticos**

Existen varias alternativas para el reciclaje de estos materiales por ejemplo el reciclaje mecánico mediante trituración, reciclaje químico o terciario que consiste en el tratamiento de 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.

Las alternativas descritas anteriormente son implementadas en varios países como Alemania, Estados Unidos entre otros sin embargo requieren de una infraestructura con la que no se cuenta en el País por lo que varios de los procesos se ven limitados.

A continuación se presentan los procedimientos, los recursos y las recomendaciones para la implementación de mecanismos de aprovechamiento de los residuos de computadores y/o periféricos en los niveles en se pueden implementar al interior de instituciones educativas a carde con su disponibilidad técnica y económica.




#### **7.4.4. Herramientas y equipos auxiliares requeridos:**

- Herramientas: destornilladores, alicates, punzones, estiletes, martillos, cautín y solda – pull, pistola de aire caliente, etc.
- Destornilladores eléctricos: para destornillar carcasas y componentes y para la destrucción de la información contenida en los discos duros.
- Pequeños contenedores, caja: para el almacenamiento de los residuos de computadores y/o periféricos en desuso antes, durante y después del proceso de desensamble y su posterior entrega al gestor externo.

#### 7.4.5. Protección personal

Es importante también garantiza la integridad del personal que se encargue de estas actividades al interior de las instituciones por lo que deben tenerse en cuenta los equipos de protección personal presentados en la tabla 37.

Tabla 37 Elementos de protección personal

Guantes resistentes a los cortes: un operario que trabaja en el desensamble de los componentes y partes electrónicas, debe protegerse contra cortes y astillas.	
Lentes de seguridad para evitar que cualquier partícula entre en sus ojos.	
Máscaras en los procesos que impliquen exposición al polvo de los residuos de computadores y/o periféricos y electrónicos como el desensamble y la limpieza	

Fuente: lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. MAVDT. 2011

#### 7.4.6. Recursos humanos

Teniendo en cuenta las limitaciones de tipo presupuestal que presentan las instituciones de educación básica especialmente las de carácter público se requiere de capacitar uno o más funcionarios del área de sistemas y mantenimiento general en las actividades de desmantelamiento con apoyo de centros educativos como el SENA.

**7.4.7. Lineamientos técnicos en cada una de las etapas del proceso.** Para el desarrollo de actividades de reacondicionamiento, reuso y reciclaje se plantea un mecanismo el cual se describe de manera general en un diagrama de proceso para el aprovechamiento de residuos presentado en la siguiente figura:

Para cada una de las etapas del proceso descrito en dicho diagrama se deben tener en cuenta ciertos lineamientos técnicos adaptados de la guía para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos del MAVDT los cuales se describen a continuación:



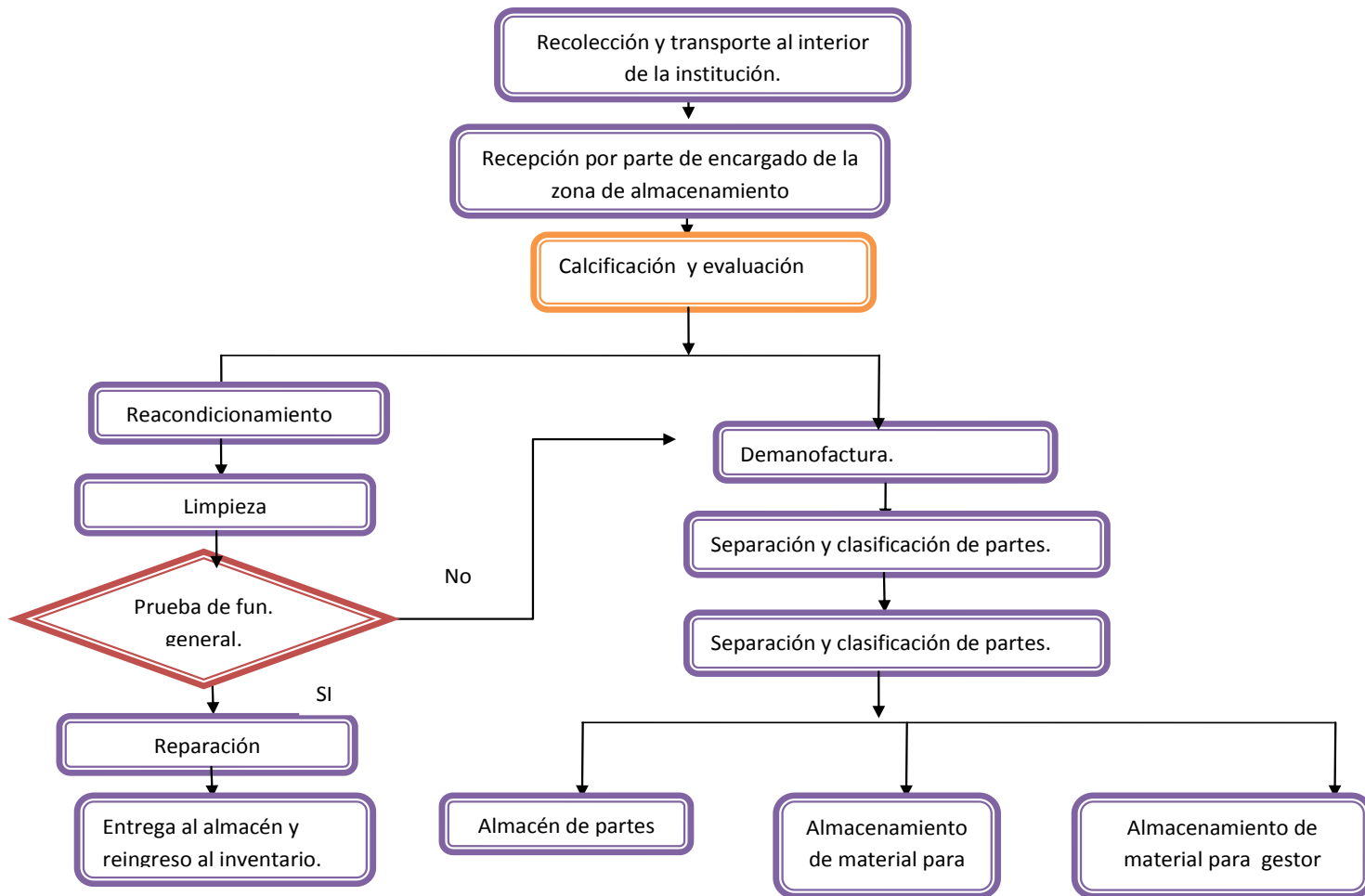


Figura 43 Diagrama de procesos para aprovechamiento de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones de educación básica  
Fuente: elaboración propia.

**Clasificación y evaluación** Para establecer el nivel de reuso al que se someterán los equipos se debe llevar a cabo una clasificación y selección con base en las características físicas que pueden ser determinadas sin encender los equipos. De acuerdo con lo anterior los siguientes criterios permitirán establecer de antemano si el equipo cumple con los estándares mínimos que se tienen contemplados como proceso de selección previa :

- La edad del aparato: este aspecto determinará en gran medida el consumo que realice de energía así como los riesgos intrínsecos del aparato.
- El tipo y el modelo del aparato: sirven para determinar si el producto se ha quedado obsoleto con la aparición de tecnología alternativa.
- El estado general del aparato (en termino de apariencia).
- Características generales de hardware como tipo de procesador, capacidad de disco duro, capacidad de memoria RAM, entre otras.

Con base en al anterior evaluación se establecerán que unidades tienen limitaciones en cuanto a la tecnología, ausencia o el estado de sus componentes permitiendo definir las unidades que potencialmente, pueden ser recicladas y las unidades que pueden ser reacondicionadas.

De acuerdo con la guía del ministerio los aspectos técnicos concernientes a las actividades a desarrollar por el gestor interno se describen a continuación:

### **Reacondicionamiento y reparación:**

Este proceso por lo general se limita al desensamble y limpieza de los equipos, el reemplazo de componentes y partes, la reparación de partes, y el montaje del final equipo reparado o reacondicionado.



Figura 44 Reacondicionamiento y reparación de equipos de cómputo.  
Fuente: Ministerio de Comunicaciones. Computadores para Educar. Bogotá; 2008.

Es importante asegurar que los diferentes componentes y repuestos electrónicos recuperados o generados como residuos durante el proceso se manejen de manera ambientalmente adecuada.

### **Limpieza:**

Los equipos serán sometidos a un desensamble de primer nivel para limpieza de la carcasa (eliminación de manchas, calcomanías u otros residuos) con el fin de darles la apariencia de un monitor nuevo, soplando los componentes internos y, finalmente reensamblándolos para la prueba de funcionamiento.

### **Pruebas de funcionamiento:**

Los equipos serán sometidos a una prueba de funcionamiento que permita establecer el grado de reacondicionamiento o repotenciación requerido. En caso de requerirse se solicitarán piezas del almacén como discos duros, fuentes, memorias etc.

### **Reparación y reacondicionamiento.**

Posteriormente serán revisadas las partes del computador, llevando a cabo pruebas de funcionamiento de cada componente en caso de encontrarse algún componente defectuoso, este es reemplazado otra tomada del almacén de partes.

### **Ensamble e instalación de software.**

Posterior al reacondicionamiento se procederá a ensamblar los equipos e instalar el software que constara en los primeros años de operación del sistema operativo Microsoft Windows XP o vista de acuerdo a las condiciones finales, navegador Internet Explorer y antivirus.

### **Control de Calidad.**

Finalmente para comprobar el estado final de los equipos de manera que cumplan con el requerimiento académicos, los computadores serán sometido a unas pruebas de fatiga, similar a la empleada en el centro de reacondicionamiento de computadores para educar mediante un software que realiza en una hora el trabajo equivalente a 8 horas de uso continuo del computador.

### **Desensamble manual:**

Este es un proceso fundamental si se pretende recuperar componentes para reutilizarlos, puesto que así se mantiene la integridad y funcionalidad de los componentes a ser reutilizados directamente, además que la separación es mayor, se consume menos energía y se extraen con más eficacia las sustancias potencialmente peligrosas.

El proceso en general comienza con el desensamble de la carcasa o cubierta plástica, desatornillándola para posteriormente clasificar los componentes y partes a ser reutilizadas alimentando un almacén de partes para procesos de reensamble o reparación

### **Lineamientos técnicos para el área de desensamble manual:**

El área dispuesta para el desensamble de residuos de computadores y/o periféricos se debe proveer todas las condiciones de seguridad necesarias para disminuir los riesgos a los trabajadores, prevenir toda clase de contaminación y permitir la reacción rápida ante cualquier situación de emergencia. De acuerdo con lo anterior se deben tener en cuenta los siguientes lineamientos y recomendaciones:

- Los RAEE no deben exponerse a humedad ni a la luz solar directa o a temperaturas altas, en particular cuando los equipos van a ser reacondicionados o reutilizados.
- El piso debe ser de concreto o piso industrial, para realizar la limpieza de polvo o cualquier otra sustancia más fácilmente y que brinde estabilidad y seguridad durante las labores al interior de las instalaciones.
- Debe estar provisto de quipos de respuesta ante emergencias como detectores de humo, alarmas de seguridad y extintores.
- Debe contar con un área específica para el manejar y almacenamiento de los componentes peligrosos que se extraen de algunos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en desuso durante el desensamble.
- También debe estar provisto de rutas de evacuación claramente señalizadas.

**Destrucción de información.** Es importante en este proceso la destrucción de la información contenida en los discos duros antes de realizarse cualquier trabajo así como las etiquetas con las marcas registradas de algunos componentes. Esta actividad se llevara a cabo con taladro en el caso de discos no funcionales o mediante programas especializados en el caso de los discos que vayan a ser utilizados en procesos de repotenciación o reacondicionamiento.

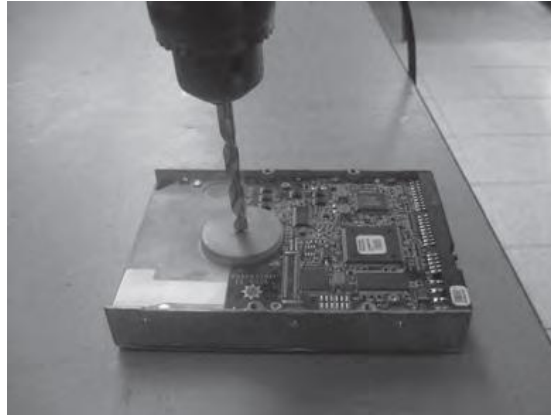
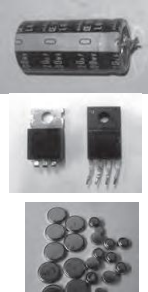


Figura 45 Destrucción del disco duro con un taladro.  
Fuente: MAVDT.

El nivel de desensamble considerado depende de los requerimientos técnicos del uso final por ejemplo en el caso de las tarjetas de circuito impreso TCI serán consideradas como un elemento que puede ser vendido directamente por lo que su desensamble no se considerara salvo en el caso de contener capacitores de gran tamaño o pilas que por sus condiciones de peligrosidad requieran ser almacenadas de manera separada.

Los lineamientos técnicos a considerar en el proceso de desensamble de cada uno de los equipos de cómputo y/o periféricos se presentan a continuación en formato fichas elaboradas a partir de los lineamientos y recomendaciones de ministerio de ambiente y consulta a expertos:

**Tabla 38** Lineamientos técnicos desensamble inicial de computadores.

<b>DESENSAMBLE INICIAL DE COMPUTADORES.</b>	Código: DI-01
<b>Componentes con sustancias potencialmente peligrosas.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condensadores grandes. En computadores más antiguos puede haber condensadores grandes (diámetro o largo &gt; 25mm) cerca de la fuente de poder o en las tarjetas de circuito impreso (sobre todo en la TCI de la fuente de poder). En equipos modernos los condensadores grandes son muy escasos.</li> <li>• Componentes con mercurio. Los componentes con mercurio (switches) se utilizaron sobre todo en aparatos de procesamiento electrónico de datos de alta calidad y servían como elemento de contacto y como interruptores para la técnica relé. Se pueden encontrar por lo general en las TCI.</li> <li>• Tarjetas de circuito impreso (TCI). Las tarjetas de circuito impreso (TCI) representan la verdadera parte electrónica de un equipo y son un compuesto de diferentes sustancias y elementos.</li> <li>• Baterías de respaldo.</li> </ul>	
<b>Materiales valiosos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierro/acero de las carcasas de metal y de partes del marco</li> <li>• Aluminio de los disipadores de calor, el cobre que se encuentra en las TCI y sus componentes (por ejemplo en transformadores y bobinas).</li> <li>• Las TCI por su lado, contienen una serie de metales preciosos como oro, plata, platino y paladio dentro de los contactos y los materiales conductores, sin embargo por la complejidad en el proceso de recuperación de estos materiales no será llevado a cabo al interior de las instalaciones del gestor interno.</li> </ul>	
<b>Proceso de desensamble</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remoción de la carcasa.</li> <li>2. Remoción de la fuente de poder.</li> <li>3. Remoción de los dispositivos como disco duro, A-drive y CD-drive.</li> <li>4. Remoción de las TCI.</li> <li>5. Identificación y remoción de condensadores grandes (mayor al tamaño de un pulgar).</li> <li>6. Identificación y remoción de componentes con mercurio (switches).</li> <li>7. Identificación y remoción de pilas y baterías (en las TCI y la parte trasera del equipo).</li> <li>8. Identificación y remoción de pequeñas pantallas LCD y LED.</li> </ol> <p>Nota: en caso de extracción de condensadores, primero se deben destornillar del anclaje o del collar de fijación, retirar los condensadores de las TCI y seguidamente quitar o separar los cables del condensador. Finalmente es importante almacenar y recolectar en contenedores acidorresistentes por ejemplo de plástico.</p> <p>Nota 2: para la separación de cables y garantizar su aprovechamiento posterior los conectores deben ser extraídos antes de la separación de los cables.</p>	



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 39** Lineamientos técnicos desensamble de periféricos

<b>PERIFÉRICOS</b>	Código: PE-02
<b>NOTA:</b> entiéndase por periférico de una PC: Quemador de CD, Unidad de CD, Unidad de DVD, Mouse, Módem, Fuente de poder, Teclados	
<b>Componentes con sustancias potencialmente peligrosas.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjetas de circuito impreso</li> <li>• Pilas o baterías de periféricos inalámbricos.</li> </ul>	
<b>Materiales valiosos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Periféricos más complejos como unidades de CD, unidades de DVD, módem, etc. son conjuntos compactos de metales ferrosos y no ferrosos, plásticos, tarjetas y otros componentes y materiales.</li> <li>• Los ratones y teclados están principalmente compuestos de una carcasa de plástico y de una TCI con cobre como material de conducción eléctrica.</li> </ul>	
<b>Proceso de desensamble</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar si el periférico es inalámbrico.</li> <li>• Sacar pilas y baterías.</li> <li>• Abrir el equipo, identificar y extraer condensadores grandes y pilas de respaldo.</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 40 Lineamientos técnicos desensamble de monitores CRT.

MONITORES CRT	Código: MCRT-03	
<b>Componentes con sustancias potencialmente peligrosas.</b>		
<p><b>Componentes que pueden tener sustancias peligrosas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos de rayos catódicos CTR.</li> <li>• Tarjetas de circuito impreso TCI. En los monitores, normalmente varias TCI conjuntas están instaladas en el “chasis de TCI”, que es un bastidor de metal.</li> <li>• Condensadores grandes. Los condensadores grandes por lo general se ubican cerca de la fuente de poder o en el “chasis de TCI”.</li> <li>• Getterpills. se encuentran normalmente detrás del cañón de electrones o en el cono.</li> </ul>	 	
<b>Materiales valiosos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yugo de deflexión: éste contiene alto porcentaje de cobre de calidad superior. La unidad de desviación se encuentra detrás del tubo de imagen.</li> <li>• TCI: posee un alto contenido de cobre como conductor eléctrico.</li> <li>• Las TCI descontaminadas inclusive los bastidores (chasis) pueden ser suministrados al tratamiento ulterior con los demás metales.</li> <li>• Cañón de electrones: consiste en acero aleado con níquel de calidad superior.</li> <li>• Vidrio del tubo de rayo catódico: el vidrio del tubo de rayo catódico que fue obtenido por separado y liberado de la capa fluorescente puede ser suministrado a un tratamiento posterior. Véase tubos de imagen, página 54.</li> <li>• Además, se encuentran metales ferrosos y no ferrosos de bastidores, y elementos como transformadores, componentes de control, aluminio de elementos del bastidor y de refrigeración y cables de cobre y aluminio.</li> </ul>		

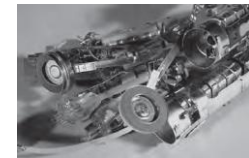


## Proceso de desensamble

- Destornillar la parte trasera de la carcasa.
- Abrir el “chasis de TCI” (varias TCI montadas en uno o varios bastidores de metal).
- Airear el tubo. Para este paso existen las siguientes dos posibilidades:
  - Primero se desmantela el contacto de alto voltaje de la parte superior del cono. Entonces, el tubo puede ser aireado con una herramienta aguda (por ejemplo una lezna) golpeándola suavemente con un martillo contra el área donde se ubicaba el contacto de alto voltaje (por ahí el vidrio es más frágil).
  - La alternativa que se considera más segura es desmantelar las TCI de la unidad de desviación y desmantelar la unidad de desviación misma, entonces se rompe el zócalo de evacuación en el cuello del tubo con golpes prudentes de martillo.
- Sacar el cañón de electrones del cuello del tubo.
- Desmantelar el cable envolviendo el tubo de rayo catódico y guardarlo por separado.


Destornillar y sacar el tubo de rayo catódico. Los tubos deben ser guardados en una caja hasta que siga el tratamiento adecuado

- Quitar otras unidades como parlantes, componentes de control, etc.
- Separar las diferentes partes de la carcasa.





Fuente: elaboración propia.

Tabla 41 Lineamientos técnicos desensamble de monitores LCD

<b>MONITORES LCD</b>	Código: MLCD-04	
<b>Componentes con sustancias potencialmente peligrosas.</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantallas LCD de todos tamaños.</li> <li>• LCD de portátiles</li> <li>• Tarjetas de circuito impreso. Los portátiles contienen tarjetas de circuito impreso. Dado el tamaño pequeño de los dispositivos, estos suelen ser muy difíciles de desensamblar, sin embargo es necesario realizar este proceso.</li> <li>• Baterías. Los dispositivos portátiles cuentan con baterías. Dependiendo de la edad de los equipos, estos pueden ser de níquel-hidruro metálico, de iones de litio, o baterías de otro tipo. En computadores didácticos y de entretenimiento se encuentran más bien pilas o baterías recargables que se ubican en los respectivos compartimentos.</li> </ul>		
<b>Materiales valiosos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los principales materiales valiosos de este tipo de aparatos son los metales preciosos contenidos en las diferentes tarjetas de circuito impreso.</li> <li>• Algunas veces también se pueden encontrar componentes con alto contenido de cobre, partes de aluminio y de metales ferrosos.</li> </ul>		
<b>Proceso de desensamble</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la limitaciones a nivel técnico dentro de las instituciones el desensamble de monitores LCD no se llevaría a cabo, la gestión de estos se limitara solamente a la entrega al gestor externo.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 42 Lineamientos técnicos desensamble de monitores LCD

<b>PORTÁTILES</b>	Código: PRT-05
<b>Componentes con sustancias potencialmente peligrosas.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes con mercurio. Los componentes con mercurio (switches) se utilizaron sobre todo en aparatos de procesamiento electrónico de datos de alta calidad y servían como elemento de contacto y como interruptores para la técnica relé. Se pueden encontrar por lo general en las TCI.</li> <li>• Tarjetas de circuito impreso (TCI). Las tarjetas de circuito impreso (TCI) representan la verdadera parte electrónica de un equipo y son un compuesto de diferentes sustancias y elementos.</li> <li>• Baterías de respaldo</li> <li>• Pantallas LCD.</li> </ul>	
<b>Materiales valiosos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los principales materiales valiosos de este tipo de aparatos son los metales preciosos contenidos en las diferentes tarjetas de circuito impreso.</li> <li>• Hierro/acero de las carcasas de metal y de partes del marco</li> <li>• Aluminio de los disipadores de calor, el cobre que se encuentra en las TCI y sus componentes (por ejemplo en transformadores y bobinas).</li> </ul>	
<b>Proceso de desensamble</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de la batería de respaldo.</li> <li>• Para equipos portátiles, cuya pantalla se encuentra integrada, primero se debe separar la pantalla de manera cuidadosa para evitar que se rompan los tubos fluorescentes delgados y delicados que por lo general se encuentran en el borde superior e inferior de la pantalla.</li> <li>• Remoción de la carcasa.</li> <li>• Remoción de los dispositivos A-drive y CD-drive.</li> <li>• Retirar buses de datos y polos a tierra</li> <li>• Retirar conectores para periféricos.</li> <li>• Remoción de las TCI.</li> <li>• Identificación y remoción de componentes con mercurio (switches).</li> <li>• Identificación y remoción de pilas y baterías.</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia

## 7.5. CLASIFICACIÓN DE CORRIENTES GENERADAS EN LOS PROCESOS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS.

Los residuos electrónicos de acuerdo con la composición de sus componentes que le confieren la clasificación de peligroso deben ser gestionados de acuerdo con lo establecido en el Decreto 4741 de 2005, por lo que es fundamental considerar estas características en todos los procesos de Producción mas Limpia, en especial en el cierre del ciclo de vida.

Esta clase de residuos son potencialmente generadores de impactos ambientales negativos, y la magnitud y duración de los mismos dependerá del tipo de residuo y de la modalidad en que se realicen las operaciones de manejo en cada etapa del proceso, por ello, de aquí radica la importancia de la disminución efectiva y de una gestión integral jerarquizada desde su origen hasta su disposición final, la cual incluye la prevención, minimización, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y disposición final controlada proceso considerados en la presente guía.

A continuación y de acuerdo con los anexos I y II decreto 4741 de 2005 se presenta la clasificación de los residuos generados en los procesos de uso y aprovechamiento de residuos de computadores y/o periféricos siguiendo la metodología de clasificación propuesta en el “Estudio piloto de recolección, clasificación, reacondicionamiento y reciclaje de computadores e impresoras usadas llevado a cabo en Bogotá en el marco del proyecto inventario de e-waste en Sudamérica del centro regional de Basilea para Suramérica” y descrito a en la Figura 44, esta clasificación es fundamental para definir las condiciones de almacenamiento, manipulación y disposición final.

Esta metodología clasifica los residuos por tipo y por corriente en categorías Y, A, B y H a las cuales les corresponde ciertas características las cuales se describen a continuación:

**Tabla 43 Descripción categorías de clasificación de residuos peligrosos aplicables a computadores y/o periféricos.**

Categoría	Descripción	Categoría	Descripción
<b>Desechos objeto de control</b>	Y10		Sustancias y artículos de desecho que contengan o estén
	Y21		Compuestos de cromo hexavalente
	Y22		Compuestos de cobre
	Y23		Compuestos de zinc
	Y26		Cadmio, compuestos de cadmio
	Y31		Compuestos de Plomo.

<b>Categoría Descripción</b>	<b>Categoría Descripción</b>	<b>Categoría Descripción</b>
<b>Residuos peligrosos</b>	A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características H de peligrosidad (véase la entrada correspondiente en la lista B, B1110)
	A2010	Desechos de vidrio de CRT y otros vidrios activados
<b>residuos no catalogados como peligrosos, a menos que contengan materiales incluidos en la lista Y en una cantidad tal que les confiera una de las características H.</b>	B1010	Desechos de metales y de aleaciones de metales, en forma metálica y no dispersable: metales preciosos; chatarra de: hierro y acero, cobre, níquel, aluminio, zinc, estaño, tungsteno, molibdeno, tántalo y magnesio; desechos de: cobalto, bismuto, titanio, zirconio, manganeso, germanio, vanadio, hafnio, indio, niobio, renio y galio, torio y tierras raras
	B1070	Desechos de cobre y sus aleaciones en forma dispensable.
	B1110	Montajes eléctricos y electrónicos: 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.
	B1115	Cables de metales de desecho con un revestimiento o un aislamiento de plásticos que no estén enumerados en la categoría A1190 de la lista A, sin contar aquellos que estén destinados a operaciones del Anexo IVA del Convenio de Basilea o a cualquier otra operación de eliminación que implique, en una fase u otra, procesos térmicos no controlados, como la quema a cielo abierto.
	B3040	Desechos de caucho, siempre que no estén mezclados con otros

<b>Categoría Descripción</b>	<b>Categoría Descripción</b>	<b>Categoría Descripción</b>
<b>Residuos con características de peligrosidad.</b>	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): sustancias
	H12	Ecotóxicos: sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
	H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características de peligrosidad

Fuente: adaptado del Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el estudio piloto del mimisterio de Comunicaciones y Computadores para Educar. Bogotá; 2008.

En general los componentes que son destinados para reacondicionamiento o almacén de partes no se consideran peligrosos por lo que no se requiere de condiciones adicionales de manejo a las ya planteadas.

En el caso de las tarjetas e circuito impreso y que se encuentran incluidos en el código A1180, deberán ser manejados como residuos peligrosos, mientras no se demuestre que los niveles de sustancias de interés no les confieren este tipo de característica. Por lo que se debe tener ciertas precauciones al ser utilizadas en programas académicos de electrónica básica o reparación de computadores dictados en algunas instituciones con por ejemplo el uso de guantes durante su manipulación y el almacenamiento en recipientes acidorresistentes.

Otro componente de importancia en términos de peligrosidad son los cañones de electrones, que pueden contener cantidades importantes de Bario; dicho metal no se encuentra listado en el Anexo I del Decreto 4741 del 2005 por lo que no se relaciona a una categoría Y; sin embargo, se lista en el Anexo III del mismo se clasifica como metal que al exceder los límites máximos permisibles en lixiviados le confiere a un residuo toxicidad, convirtiéndose en un elemento de cuidado en su manipulación y disposición final por lo que no se considera su demanofactura en los procesos al interior de las instituciones, estos componentes serán entregados directamente al gestor externo.

En el anexo D se presentan los resultados de la calcificación por oponente de acuerdo con el decreto 4741 del 2005 y el convenio de Basilea.

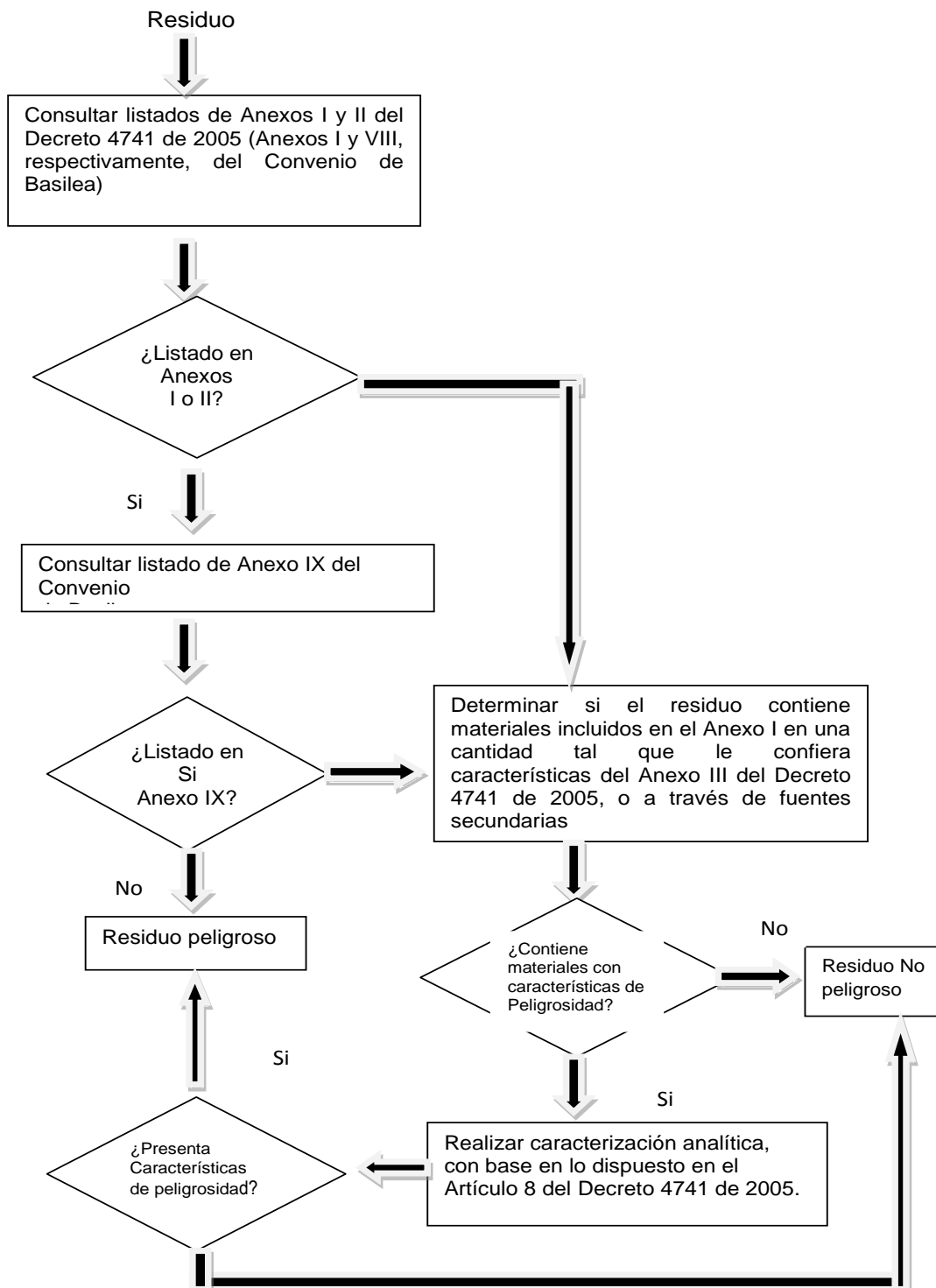


Figura 46 Metodología de clasificación de residuos peligrosos.

Fuente: Seminario sobre residuos peligrosos Industriales en la localidad de Puente Aranda. Bogotá 2007 citado en: COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Computadores para Educar. Bogotá; 2008.

## 7.6. BAJA DE EQUIPOS.

Otra de las debilidades identificada al interior de las instituciones educativas se relaciona con el proceso de baja de equipos convirtiéndose esta en una de las razones para la acumulación de residuos de computadores y/o periféricos al interior de las instituciones.

Definir una estrategia para llevar a cabo este procedimiento es fundamental no solo para optimizar y dinamizar estos procesos, sino para el éxito de la estrategia de gestión. A continuación se presentan la estrategia propuesta para el procedimiento de baja de equipos.

### 7.6.1. Baja parcial.

Este procedimiento será llevado a cabo por el almacenista quien entregara los equipos al encargado del las etapas de aprovechamiento quien a su vez diligenciará el formato de inventario personal de su dependencia. (Ver formato A22) para llevar a cabo las actividades de aprovechamiento de residuos.

### 7.6.2. Baja total.

Estos procesos corresponden a los procesos de baja definitiva de equipos que corresponde a los procesos de entrega al gestor externo o empresa de aprovechamiento. Para efectos de inventario serán manejados como unidades demanufacturadas. También se consideran los equipos dados en donación o venta directa.

El proceso general se describe en la siguiente ficha de proceso:

Tabla 44 Ficha de proceso para procedimientos de baja de equipos.

Código Ficha	PB-03
<b>Procedimiento de Baja de Equipos</b>	
<b>Actividad.</b>	<b>Responsable</b>
Solicitud a la Dirección de dar de baja equipos de cómputo. Esta actividad se llevara a cabo mediante solicitud digital (acta digital- ver 7.5.2.1.)	Almacenista – encarado aula de reacondicionamiento.
Inspección ocular a los equipos de cómputo dados de baja y levantamiento de acta (ver 3.2). en esta actividad se busca validar la solicitud de baja de equipos por parte de los directivos de la institución y personal capacitado.	Almacenista – Director - Coordinador
Acta de avalúo a equipos de computo dados de baja.	Almacenista – Director - Coordinador
Entrega de equipos de computo dados de baja a gestor o en donación y levantamiento de acta.	Almacenista – Director - Coordinador

Fuente: elaboración propia

Nota: solo serán donados equipos funcionales, el resto se consideran para desmantelamiento y posterior entrega a empresas especializadas.



Previa identificación de computadores, que por sus condiciones físicas y de funcionamiento requieran ingresar al procedimiento de baja de equipos, se diligenciaran los siguientes formatos:

### 7.6.2.1. Acta solicitud baja equipos de cómputo.

INSTITUCION EDUCATIVA					
Oficio No.					
Fecha					
Director					
Comedidamente me permito solicitar a usted, se sirva ordenar dar de baja equipos identificados por esta dependencia, que se encuentran en la bodega del almacen, los cuales estan obsoletos, no sirven o el costo de su reparación es muy alto, los cuales a continuación relaciono:					
No. PLACA	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	No. SERIE	VALOR
ALMACENISTA					

**Figura 47** Acta solicitud baja equipos de cómputo  
Fuente: elaboración propia

### 7.6.2.2. Acta de inspección ocular a equipos de cómputo a dar de baja

INSTITUCION EDUCATIVA					
ACTA DE INSPECCION OCULAR NO.					
En la ciudad de Popayán, el día ___ del mes de ____, año ____, se reunieron: el Director _____ de la Institucion Educativa _____, y el señor _____ coordinador de la Institucion Educativa _____ y el señor _____ almacenista, con el fin de inspeccionar computadores inservibles para proceder a darlos de baja, los cuales se relacionana continuación.					
No. PLACA	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	No. SERIE	VALOR
RECTOR					
COORDINADOR					
ALMACENISTA					

**Figura 48** Acta de inspección ocular a equipos de cómputo a dar de baja  
Fuente: elaboración propia

### 7.6.2.3. Acta de avalúo a equipos de computo dados de baja

INSTITUCION EDUCATIVA					
Acta de Avalúo Comercial No.					
En la ciudad de Popayán, el día ___ del mes de ___, año ___, se reunieron: el Director _____ de la Institucion Educativa _____, y el señor _____ coordinador de la Institucion Educativa _____ y el señor _____ almacenista, con el fin de realizar el avaluo comercial a unos equipos que se encuentran inservibles, para procedera ofrecerlos en venta , los cuales se relacionan a					
No. PLACA	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	No. SERIE	VALOR
RECTOR					
COORDINADOR					
ALMACENISTA					

Figura 49 Formato Acta de avalúo a equipos de computo dados de baja  
Fuente: elaboración propia

Nota: en el caso de instituciones públicas el acta deberá ser remitida a la secretaria de educación municipal para efectos de manejo de inventario municipal.

### 7.6.3. Diagrama de procesos de baja de equipos.

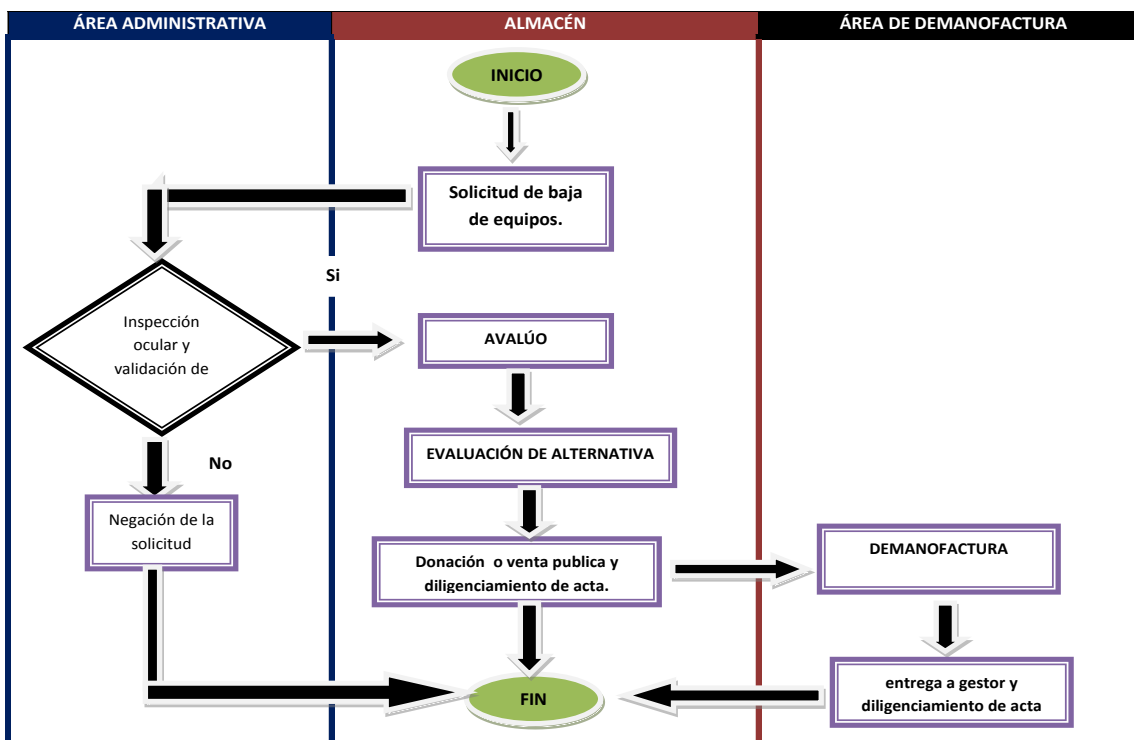


Figura 50 Diagrama de procesos de baja de equipo  
Fuente: elaboración propia

## 7.7. GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL.

Al finalizar el proceso de aprovechamiento al interior de las instituciones la fracción no aprovechable debe ser dispuesta de acuerdo con el sistema de gestión municipal disponible (en caso de existir) o con empresas o zonas autorizadas para tal fin que cumplan con los estándares técnicos definidos en la normatividad ambiental vigente. Por su parte los materiales aprovechables que requieren de un proceso posterior pueden ser vendidos a empresas especializadas en el Departamento o sus alrededores.

En términos de disposición final, asociada principalmente a materiales no aprovechables como materiales peligrosos, se identifican tres alternativas:

**Relleno sanitario:** Los residuos electrónicos, contribuyen, en general, a la aparición de efectos negativos ambientales en los rellenos sanitarios debido a la presencia de materiales potencialmente peligrosos como plomo, cadmio, mercurio y sustancias halogenadas que pueden ser liberadas al ambiente por lixiviación o evaporación debido a la naturaleza ácida en la composición de rellenos sanitarios, razón por la cual este tipo de residuos deben ser dispuestos de manera segura con condiciones técnicas definidas que los rellenos sanitarios comunes no pueden asegurar por lo que no se recomienda la disposición final de residuos electrónicos en rellenos sanitarios. Sin embargo para algunos residuos de tipo común asociados al uso de computadores y/o periféricos como etiquetas, empaques, cintas, espumas, gomas y tierra, etc, debe considerarse su disposición en este tipo de rellenos.

**Rellenos de seguridad:** Las fracciones sobrantes de los procesos de reciclaje catalogadas como materiales peligrosos o de procesos como la incineración, deben disponerse en rellenos de seguridad. En este tipo de rellenos el residuo es sometido 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 permeabilidad<sup>11</sup>.

Con este proceso se asegura entre otras cosas que:

- 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.

---

<sup>11</sup> CHILE. C y V medioambiente. Junio 2009

## **Incineración:**

La incineración es el proceso de destruir los residuos a través de la quemadura en un horno. Por la gran variedad de materiales que se encuentran en los residuos electrónicos sin embargo esta debe realizarse bajo estrictos controles y medidas de seguridad debido a que los gases liberados durante la incineración y las cenizas producidas en su mayoría son tóxicos por ejemplo el cobre presente en placas de circuito o cables actúa como catalizador para la producción de dioxinas cuando se incineran pirorretardantes bromados que pueden llevar a dioxinas polibromados (PBDD's) y furanos (PBDF's) extremadamente tóxicos. Estos procesos deben ser considerados como último recurso y aplicado a residuos cuyo potencial de aprovechamiento sea bajo o con altos niveles de peligrosidad debido a que la incineración conduce a la pérdida de muchos elementos valiosos que se podrían haber recuperado al ser separado y procesado adecuadamente.

De acuerdo con el panorama de manejo de RAEE en Colombia y en el Municipio se identificaron tres alternativas de disposición o gestión final de acuerdo con el tipo de residuos generado que corresponden a:

- Aprovechamiento y valorización de metales con empresas especializadas.
- Gestión de los residuos no aprovechables y/o peligrosos con un gestor externo.
- Políticas de postconsumo y responsabilidad extendida del productor.

A continuación se describen cada una de las alternativas.

### **7.7.1. Aprovechamiento y valorización de metales en empresas especializadas.**

Los residuos metálicos en su mayoría están disponibles para su recuperación, existiendo una demanda sostenida de este tipo de residuo. Gran parte de la producción mundial de metales se realiza a través del reciclado de la llamada “chatarra metálica”. Los metales pueden recuperarse y regenerarse una y otra vez sin que pierdan sus propiedades<sup>12</sup>, por lo que el aprovechamiento y valorización se convierte en una alternativa importante en la gestión de RAEE.

Los metales son recursos naturales no renovables por lo que es conveniente su aprovechamiento a través de la fundición secundaria de chatarra que pueden llevar además a importantes beneficios económicos ya que la producción primaria de metales implica importantes costos de inversión y operación, tanto en lo que respecta a la extracción como al procesamiento de los minerales por ejemplo la producción de aluminio a partir de chatarra mediante fundición secundaria genera

---

<sup>12</sup> Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y El Caribe. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Tomo II, Capítulo 9: Chatarra metálica. Fundamentos. Uruguay, 2005. Citado por COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Bogotá 2008.

un ahorro del 95% de la energía si se compara con la producción a partir del mineral primario, la bauxita. Adicionalmente, la recuperación de metales a partir de la chatarra evita los impactos ambientales ocasionados por la industria minera; sin embargo hay que tener en cuenta que un procesamiento inadecuado de la chatarra puede generar otro tipo de impactos ambientales, así como afectación de la salud humana por lo que la entrega a empresas especializadas en este tema debe llevarse a cabo verificando que cuenten con las licencias y permisos ambientales<sup>13</sup>.

Los metales más comunes susceptibles a este tipo de procesos corresponden a:

- Ferrosos: hierro y acero (por ejemplo carcasas de computadores)
- No ferrosos: aluminio, cobre, plomo, Zinc y sus aleaciones.

En general estos procesos son llevados a cabo por empresas especializadas en la fabricación de productos metalúrgicos básicos.

De acuerdo con el panorama en el municipio de Popayán también puede considerarse la venta a chatarrerías municipales de algunos materiales recuperados en volumen pequeños para que sean estos lo que realicen su venta final con empresas especializadas.

Algunos precios comunes de mercado se presentan a continuación:

Tabla 43. Precios de mercado para metales presentes en residuos de computadores.

Material	Precio (precios colombianos/ Kg)
Metales ferrosos	1500-2000
Aluminio	2000-2800
Cobre	9500-1300
Metales mixtos	280-700
Bronce	6000-1100

Fuente: adaptado de HOYOS A. J.C. Medellín 2011.

### 7.7.2. Entrega a gestor externo.

los equipos o componentes que no puedan ser reutilizados o aprovechados en procesos de reacondicionamiento o actividades académicas deben ser entregados a un gestor externo, entendido este como una empresa especializada en el manejo y disposición final de este tipo de residuos, en especial los componentes que contengan sustancia peligrosas como las tarjetas de circuito impreso, cañón de electrones de monitores CRT, plástico con retardantes de llama etc.

<sup>13</sup> COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Computadores para Educar. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá; 2008.

Dentro de los procesos que llevan a cabo estos gestores se encuentran tratamientos físicos, químicos y/o electroquímicos para recuperación de materiales que suelen llevarse a cabo o al interior de las mismas empresas o por exportación a países que cuentan con la infraestructura para tal fin, tratamientos térmicos como incineración y la disposición final en rellenos de seguridad.

Los procesos más comunes para el reciclaje especializado de materiales que contienen sustancias peligrosas como por ejemplo plásticos con retardantes de llama corresponden a:

**Reciclaje mecánico:**

Este puede ser pos-industrial, o primario, y pos-consumo, o secundario; el primero hace referencia al que tiene lugar dentro del mismo proceso en que se genera el residuo, y el segundo a aquel que se realiza una vez los productos elaborados con materiales plásticos han terminado su vida útil.

**Reciclaje químico:** Es el tratamiento de residuos plásticos mediante procesos físico-químicos, en los cuales las moléculas de los plásticos se rompen con el fin de obtener de ellos monómeros o productos con algún valor para la industria petroquímica y convertirlos nuevamente en materias primas. Es aplicado, principalmente, a aquellas corrientes de residuos complejas de manejar a través de las técnicas de reutilización o reciclaje mecánico, tales como plásticos compuestos, partes de automóviles, cables, tapetes, textiles, etc. Algunos procesos de reciclaje químico, como la pirólisis, ofrecen la enorme ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica, lo que permite aprovechar residuos plásticos mixtos, es decir, aquellos provenientes de la corriente de los residuos sólidos municipales, que son separados de ésta pero no clasificados entre sí por tipo de resina. El reciclaje químico puede llevarse a cabo por diferentes procesos: pirólisis, hidrogenación, gasificación, extrusión degradativa y metanólisis<sup>14</sup>.

**Incineración y co-procesamiento en hornos cementeros:** El co-procesamiento consiste en ingresar residuos al horno cementero para su disposición final y segura, de tal forma que no se generen nuevos residuos en el proceso; se denomina así porque se desarrolla de forma simultánea con la producción de clínker. La naturaleza del proceso de producción del cemento hace posible proveer una solución para la disposición final de residuos industriales debido a las altas temperaturas del horno (entre 900 y 2.000°C), el prolongado tiempo de residencia y la elevada turbulencia a los que están sometidos los materiales<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Computadores para Educar. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá; 2008

<sup>15</sup> Ibid., P. 122

En el caso de tarjetas de circuito impreso debido a su alto contenido de metales preciosos como oro presente en algunos contactos sin embargo se requieren de procesos altamente costos por lo que comúnmente la gestión de tarjetas de circuito impreso se centra en la incineración y/o estabilización como por ejemplo la elaboración de productos compactados con tarjetas trituradas o la fabricación de monolitos en base cemento que ofrecen gran resistencia para aplicaciones de construcción a continuación se presentan algunas imágenes:

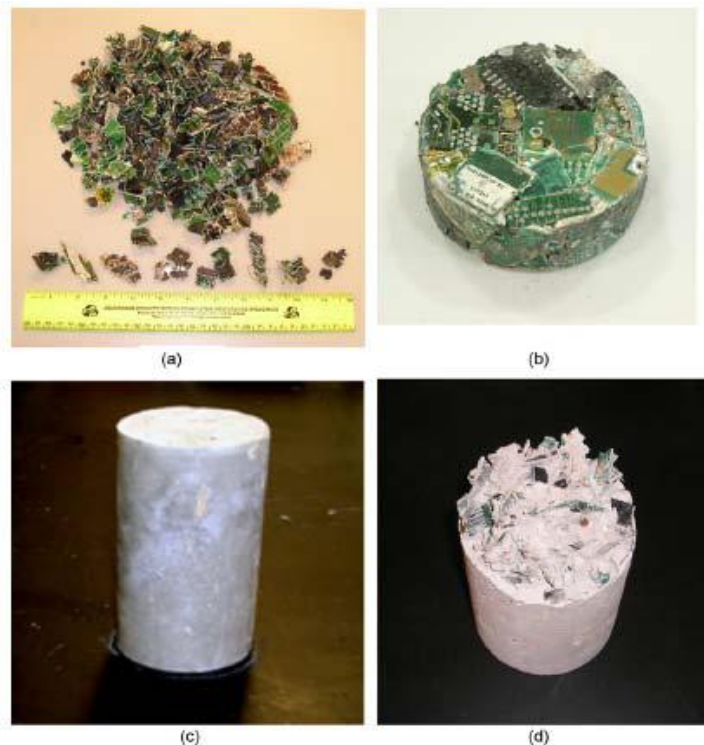


Figura 51 Materiales obtenidos en la estabilización de tarjetas de circuito impreso.

Fuente: Niu & Li, 2007. Citado por COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Bogotá; 2008

En el departamento del Cauca no existen gestores para este tipo de residuos y que cuenten con las autorizaciones respectivas por lo que la disposición final debe llevarse a cabo con gestores en los alrededores del departamento por ejemplo en el Valle del Cauca.

Se identificaron dos posibles gestores:

- SAAM Soluciones de Saneamiento Ambiental S.A. : esta empresa inicio operaciones el 1 de abril de 2005, realiza transporte especializado de mercancías peligrosas y disposición final en celda de seguridad, a través de convenio con la empresa RELLENOS DE COLOMBIA S.A. E.S.P. entre los servicios ofrecidos se encuentra la administración, el manejo, la comercialización y la valorización de los residuos industriales y subproductos de varios tipos de relleno sanitario.

- LITO S.A.: Es una organización dedicada a la gestión integral de excedentes industriales y residuos peligrosos cuyos servicios están dirigidos a empresas que producen diferentes tipos de residuos industriales, especialmente las del sector eléctrico y de telecomunicaciones, cuenta con permisos ambientales en varias ciudades del País en donde opera algunas de ellas se citan a continuación:

Licencia Ambiental para bodega de seguridad en Bogotá autorizada para la recepción, segregación y almacenamiento de residuos peligrosos por medio de la resolución 056-77 de enero de 2004 del y resolución modificatoria No. 4179 de Enero de 2008 de SDA .

Licencia Ambiental para Bodega de seguridad en Barranquilla autorizada para la recepción, segregación y almacenamiento de residuos peligrosos de sectores eléctricos y telecomunicaciones, resolución 1052 de julio de 2006 de DAMAB.

Licencia Ambiental para proyecto en Santiago de Cali , bodega de seguridad autorizada para la recepción, segregación y almacenamiento de residuos peligrosos de sectores eléctricos y de telecomunicaciones. Licencia ambiental, expedida el 22 de marzo de 2007 por medio de resolución 0100 No 0710 - 0175 de la CVC.

Medellín. Resolución 0001031 del 21 de julio de 2011 “Operación de instalaciones para la gestión integral de residuos y aparatos eléctricos y electrónicos- RAEE, por medio de recolección, caracterización, almacenamiento, embalaje, aprovechamiento y recuperación”. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Certificado de responsabilidad social Fenalco Solidario.

Teniendo en cuenta los antecedentes en el departamento como campañas y convenios con empresas locales para la gestión de RAEE se recomienda llevar a cabo la disposición final con la empresa LITO S.A.

De acuerdo con información suministrada por dicha empresa el proceso en general se debe llevar a cabo de la siguiente manera:

- 1) Diligenciamiento del formato de solicitud del servicio (ANEXO E) que puede ser descargado de:  
[http://www.litoltda.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=16&Itemid=32](http://www.litoltda.com/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=32).



- 2) Enviar formato a [servicioambiental@lito.com.co](mailto:servicioambiental@lito.com.co), con lo que en cinco días hábiles recibirá respuesta de la empresa acerca de la cotización.
- 3) Emitir un documento que legalice la relación comercial con dicha empresa en donde acepta la oferta y ordena el servicio.
- 4) Definida esta relación y oficializado el servicio la empresa se comunica con la institución para definir las condiciones de entrega.
- 5) Finalmente para constar que la institución está realizando una correcta gestión de los residuos se deberá descargar el certificado con el nombre de usuario y la contraseña asignada por la empresa en el siguiente enlace:  
[http://www.litoltda.com/index.php?option=com\\_login&Itemid=72](http://www.litoltda.com/index.php?option=com_login&Itemid=72)

### **7.7.3. Responsabilidad extendida del productor y sistemas de recolección selectiva.**

Esta consiste en Ampliar las responsabilidades de los fabricantes e importadores a diferentes partes del ciclo de vida del producto, especialmente, su responsabilidad en la gestión de los residuos derivados del consumo del producto.

Esta responsabilidad se extiende a varios niveles:

- Responsabilidad física: Manejo físico de los residuos.
- Responsabilidad financiera: Costo del manejo del residuo.
- Responsabilidad informativa: Comunicación del riesgo.
- Responsabilidad ante el daño: Afectación al ambiente o a la salud.
- Propiedad sobre el producto: Ciclo de vida completo

Con la aplicación de este principio, los fabricantes e importadores tienen el deber de formular e implementar sistemas de recolección y gestión de los residuos postconsumo<sup>16</sup>.

Los principales elementos que deben incluir los fabricantes e importadores en estos sistemas de gestión son:

- Garantizar que el residuo pueda ser devuelto por el consumidor.

---

<sup>16</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Cancino D. J. Bogota




- Realizar una recolección y gestión diferenciada de los residuos sólidos domésticos.
- Promover el aprovechamiento y/o valorización de los residuos.
- Financiar los costos atribuibles a la recolección y gestión de los residuos posconsumo.

En el marco de un mecanismo de responsabilidad extendida del productor el papel que tienen los comercializadores o distribuidores es fundamental y se centra principalmente en asignar espacio para contenedores garantizando la seguridad de los mismo para la recolección de residuos, además de brindar información al cliente, aceptar la devolución de los productos.

En el caso de computadores y periféricos el MAVDT expidió la resolución 1512 de 2010 Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos.

En el País se han llevado a cabo varias campañas colectivas en las principales ciudades del País entre el gobierno y los productores para la recolección de distintos productos algunas de ellas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 45 Campañas de gestión de residuos en el marco de REP en Colombia.**

<p>Recicla tu Móvil o Celular y Comunícate con la Tierra</p>	
<p>Tóner y cartuchos de impresión. (HP en el marco del programas HP Panet Partners y el programa ambiental de Lexmark)</p>	
<p>Campaña para la recolección de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos I y II (LITO y GEEP)</p>	

A pesar de todas estas iniciativas en el departamento del Cauca en especial el Municipio de Popayán el alcance de estas campañas no ha sido de forma directa por los que esta alternativa no se considera directamente en la guía, pero si se recomienda en caso de presentarse, que las instituciones educativas hagan parte de ellas entregando los residuos bajo el mismo mecanismo establecido par a entrega a gestores externos.

## 7.8. RECOMENDACIONES DE USO Y SEGURIDAD.

Para aprovechar al máximo la capacidad de los equipos y garantizar o extender al máximo su vida útil se proponen una serie de recomendaciones que permitirán además alcanzar metas de reducción energética:

- Apagar los equipos de computación, al concluir el horario laboral y mantenerlos apagados durante los días no laborables.
- Programar las computadoras para que se apaguen a los 15 minutos sin uso, tanto CPU como monitores, exceptuando servidores o computadores de los cuales dependa la seguridad de la institución.
- Configurar los ordenadores en “ahorro de energía” activando el sistema ENERGY STAR® con lo que se pueden reducir el consumo de electricidad hasta un 50%.
- Desconectar también el alimentador de corriente al final de la jornada ya que aun estando apagados, los equipos pueden consumir hasta 1 W al estar conectados a una fuente.
- ante ausencias largas (mas de media hora) apaga por completo los equipos. En el caso de ausencias cortas apagar el monitor ya que es el responsable del mayor consumo energético con un gasto total del 70% del consumo total del equipo.
- Desactivar el protector de pantalla y configurar el equipo para apagado de monitor a los 15 minutos de inactividad.
- Configurar la resolución de la pantalla para condiciones normales ya que que a más brillo y contraste, mayor será el gasto energético.
- Mantener despejados los orificios de ventilación de la torre, para disminuir el gasto energético por sobre carga en los ventiladores o en el procesador por aumento de la temperatura interna.

Para prolongar la vida útil de los equipos durante la fase de uso se recomienda:

- No colocar objetos magnéticos, tales como teléfonos, bocinas e imanes cerca del equipo en especial del monitor ya que esto dañaría su configuración en detrimento de la calidad y resolución del mismo;
- Evitar apagar de manera incorrecta el equipo de cómputo (ver tema 1.2).
- Para la limpieza externa de los equipos, se debe utilizar un paño seco y nunca usar abrasivos, jabón, alcohol o acetona. (Apagar el equipo antes de limpiarlo).
- No operar el equipo fumando o consumiendo alimentos y/o bebidas.
- Introducir con cuidado y de manera adecuada los discos compactos, ya que el manejo incorrecto del mismo dañaría de forma permanente al láser del CD-ROM.
- Evitar la acumulación de polvo.

- No golpear fuertemente las teclas del teclado.
- No desconectar el componente de su puerto para evitar que se dañe el conector. Evitar que los circuitos electrónicos del mouse estén en contacto con líquidos.
- No desconectar o conectar el monitor cuando un equipo esta encendido, podría causar un corto circuito o dañar la tarjeta de video.
- Evitar limpiar la pantalla del monitor con un paño húmedo mientras el equipo este encendido.

#### **7.8.1. Mantenimiento.**

Aprovechando el equipo técnico propuesto dentro de la estrategia de gestión presentada en el siguiente capítulo, se propone llevar a cabo un mantenimiento periódico el cual se llevara a cabo en las instalaciones de la institución por el personal del gestor interno. Este se llevará a cabo dos veces al año y consistirá en limpieza general de componentes, mantenimiento a nivel de software y en casos necesarios repotenciación básica de los equipos.

## **8. IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA Y SUS BENEFICIOS EN TREMIMOS DEL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS.**

Los beneficios en la aplicación de la guía en términos de gestión final de residuos de computadores y/o periféricos se evidencian en términos de reducción, aprovechamiento directo y eliminación de flujos inadecuados, lo anterior teniendo en cuenta los siguientes supuestos:

- no se presenta acumulación de residuos de computadores y/o periféricos por más de dos años al interior de cada institución.
- La totalidad de los residuos generados soportados en inventario son gestionados de acuerdo con las alternativas propuestas.
- El mecanismo propuesto considera un reacondicionamiento del 30% con un reuso que en términos de peso equivale a un 5% como componentes y partes para reacondicionamiento o actividades académicas y un 10% como reuso directo en áreas que requieren menor capacidad operativa de los equipos.

### **8.1. BENEFICIOS ESPERADOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA.**

En este sentido los beneficios esperados con la implementación de la guía :

#### **8.1.1. Reducción:**

Teniendo en cuenta las prácticas de mantenimiento y manejo adecuado de computadores y/o periféricos se obtendrían beneficios a nivel de reducción en la frecuencia de generación de residuos ya que de esta manera se garantizaría la integridad de los equipos durante su vida útil, y el aumento en el potencial de reuso y reacondicionamiento.

#### **8.1.2. Aprovechamiento:**

Las actividades de reusos y reacondicionamiento supondrían un tipo de aprovechamiento directo que se vería reflejado no solo en términos de generación de residuos sino también en términos económicos al disminuir las compras anuales de equipos requeridos. En general de acuerdo con las metas planteadas se puede decir que en el caso de reacondicionamientos se esperan porcentajes del 30% los que representarían una reducción significativa en la producción de residuos que de acuerdo con la estimación de residuos se tendrían reducciones hasta de 4000 toneladas acumuladas al año horizonte por el total de instituciones.

### **8.1.3. Eliminación de flujos indeseado**

Los beneficios relacionados con este tema son de gran importancia debido a la situación encontrada en las instituciones de educación básica en las que se identificaron flujos que representan una gestión inadecuada de este tipo de residuos, la guía implementación de la guía propuesta eliminaría la totalidad de los flujos indeseados garantizando una adecuada gestión de acuerdo con la figura 51

## **8.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA GUÍA EN LAS INSTITUCIONES EVALUADAS.**

Con el objetivo de presentar la aplicabilidad y pertinencia de la guía en las siete instituciones visitadas se llevó a cabo un paralelo entre las condiciones actuales en términos del cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos en las instituciones visitadas y las condiciones esperadas con la implementación de la guía el con base en los siguientes parámetros:

### **8.2.3. Parámetros de evaluación de condición.**

Estos parámetros fueron definidos con base en las debilidades evidenciadas al interior de las instituciones visitadas y las condiciones óptima que debe tener una organización para garantizar la eficiencia, eficacia y el respeto por el medio ambiente en sus procesos

#### **Proceso de adquisición de equipos:**

- Medio de gestión.
- Criterios de evaluación de solicitudes.
- Criterios de evaluación de propuestas.
- Instancias de evaluación.
- Proceso de cotización.
- Tiempo.

#### **Manejo de inventarios**

- Procesos inventariados.
- Integridad de la información.
- Orden y presentación.
- Facilidad de interpretación y búsqueda.

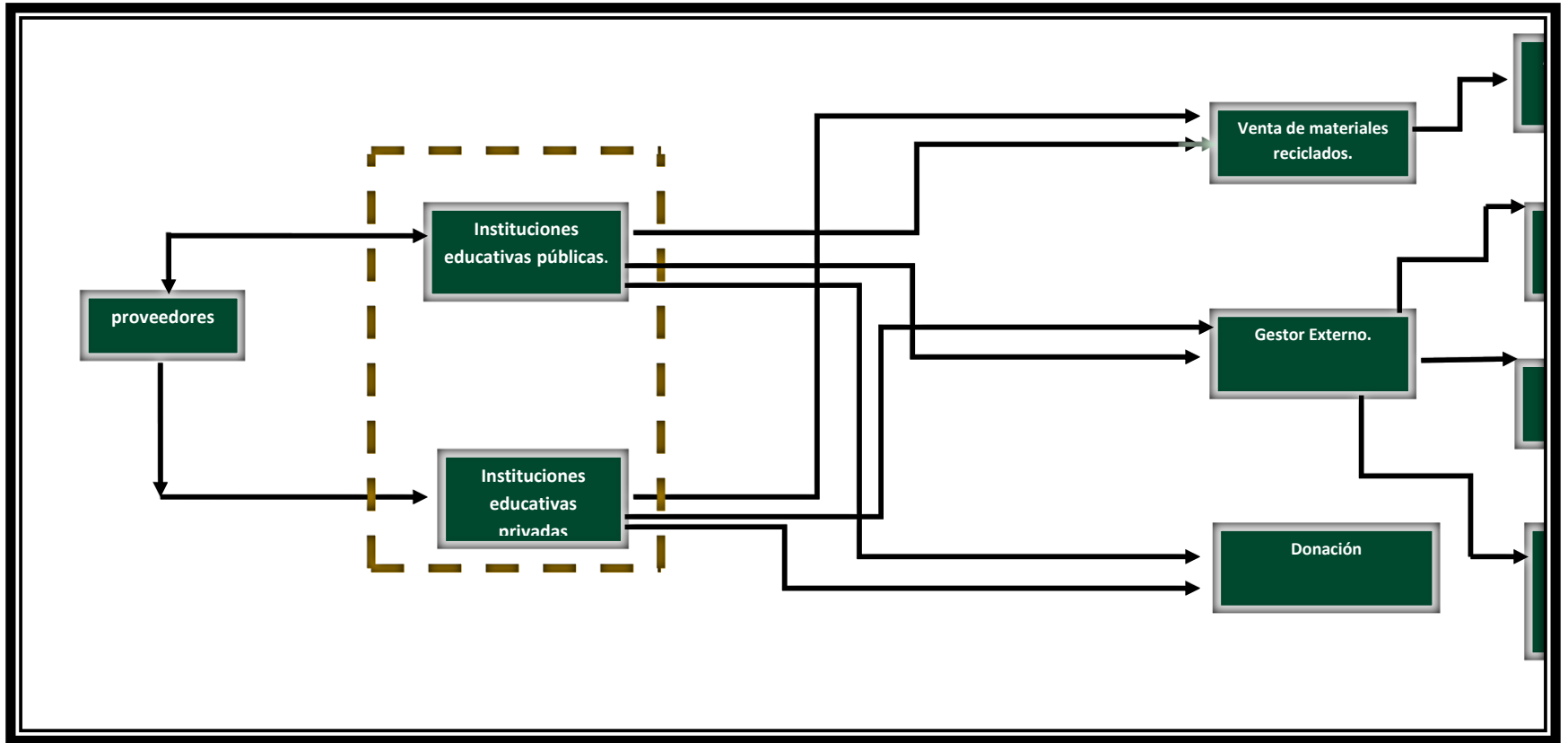


Figura 52 diagrama de flujo de de residuos en el marco de la aplicación de la Guía.

Fuente: elaboración propia

**Integridad y protección de equipos:** en este caso se establecieron si se llevan a cabo prácticas en el uso diario que garanticen la integridad y la protección de los equipos.

**Almacenamiento de residuos.**

- Zonas de almacenamiento diferenciadas.
- Condiciones zona de almacenamiento.
- Capacidad de la zona de almacenamiento.
- Disposición individual de equipos.

**Prácticas de aprovechamiento.**

- Reuso.
- Reacondicionamiento.
- Reciclaje y aprovechamiento de componentes.

**Criterios técnicos de aprovechamiento:** se evaluó si contaban o no con criterios técnicos y procesos definidos y si estos eran acordes con los lineamientos del ministerio.

**Baja de equipos.**

- Claridad en el proceso
- Procedimientos ambientalmente aceptables.

**Flujos de salida.**

- Cantidad.
- Destino.
- Flujos sin control.

**Residuos promedio generados anualmente.** con base en la producción promedio anual per cápita estimada en el numeral 6.3. se estimó la producción de residuos promedio anual para la situación actual y la situación esperada bajo la implementación de la guía.

Los resultados del paralelo se presentan en los anexos del F al L.



## 9. CONCLUSIONES

- La producción anual de residuos de computadores y/o periféricos por institución no es suficiente (en términos económicos) para llevar a cabo una gestión adecuada con un gestor externo con la frecuencia requerida por la autoridad, requiriéndose almacenar residuos por periodos más extensos hasta obtener volúmenes representativos lo que además disminuye su potencial de reacondicionamiento fundamental a la hora de aplicar una estrategia de Producción mas Limpia.
- El éxito de una estrategia de Producción mas Limpia radica no solo en establecer un sistema de gestión de residuos sino en fortalecer los procesos internos relacionados con las etapas del ciclo de vida en el que las instituciones tiene participación, no solo para aplicar mecanismos de prevención y disminución sino para garantizar la operatividad del sistema.
- Es fundamental vincular a todos los actores relacionados con la generación de residuos de computadores y/o periféricos en las instituciones educativas como por ejemplo el ministerio de educación, la alcaldía, la autoridad ambiental y los productores o distribuidores garantizando una base operativa y financiera.
- Con la implementación de la guía se garantizara un adecuado cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos en instituciones educativas, obteniéndose beneficios económicos, operativos y ambientales con la implementación de Producción más Limpia y políticas Green It.
- La guía propuesta, al considerar la situación real de las intuiciones educativas a través de la evaluación de una muestra representativa, es aplicable y replicable en todas las instituciones educativas y/o similares.
- Debido a que la producción anual de residuos de computadores y/o periféricos en instituciones de educación básica no es suficiente para considerarlas como pequeños generadores, las actividades de control y seguimiento por parte de la autoridad ambiental no es continua ni efectiva, sin embargo, la problemática ambiental se evidencia a nivel macro analizando todas las instituciones como un solo generador.
- Existe un grave desconocimiento de la problemática generada por la inadecuada gestión de residuos de computadores y/o periféricos, además de graves deficiencias a nivel operativo y administrativo al interior de las instituciones.

- Con la implementación de la guía se obtendrán beneficios significativos en términos de minimización, aprovechamiento, y eliminación de flujos inadecuados en el cierre de ciclos de vida de computadores y/o periféricos. Además de dar solución a los graves problemas relacionados con la acumulación de residuos de este tipo.
- Es fundamental abordar la Producción mas Limpia no solo como un procedimiento aislado reducido a la entrega de los residuos a los productores mediante sistemas de recolección selectiva, sino también como un proceso generador de valor a través de mecanismos de aprovechamiento y control.
- el consumidor, en este caso las instituciones educativas, como el primer eslabón en un mecanismo de Producción mas Limpia debe garantizar la eliminación de flujos de residuos sin destino conocido y ser gestor activo en la comunicación con los otros eslabones de la cadena productiva.
- ya no es cuestión de voluntad sino de necesidad el establecer estrategias que garanticen la gestión de productos pos consumo por parte de productores, tema en el que los consumidores juegan un papel fundamental al contribuir en la creación de esa necesidad al incluir en sus mecanismos de adquisición criterios ambientales exigiendo el cumplimiento de la normatividad vigente.
- La disposición final de residuos de computadores y/o periféricos debe llevarse a cabo bajo criterios de responsabilidad, aplicando las indicaciones técnicas que de parte del gobierno son exigidas para garantizar la mínima generación de impactos negativos.

## 10. RECOMENDACIONES.

- Con el objetivo de acortar los tiempos de ciclos de retorno para aumentar el potencial de reacondicionamiento y aprovechamiento y de acuerdo con la normatividad y lo expresado por la CRC como autoridad ambiental en el departamento, se recomienda buscar alternativas o estructurar sistemas que permitan agrupar los residuos anuales generados por todas o varias instituciones educativas con el objetivo de obtener flujos constantes y representativos en menor tiempo para además obtener mayores beneficios económicos.
- Se recomienda el acompañamiento, seguimiento y control por parte de las autoridades en el proceso de cierre de ciclos de vida de productos adquiridos por instituciones de carácter público y privado.
- Se recomienda iniciar lo antes posible un proceso de legalización de software al interior de las instituciones para garantizar el correcto y legal funcionamiento de los equipos.
- Es importante considerar la entrega de residuos de computadores y/o periféricos a productores o distribuidores una vez estos hayan implementado un sistema de recolección en el marco de políticas de postconsumo y responsabilidad extendida del productor.
- Es necesario abordar con mayor detalle el tema de la eficiencia energética en el uso de las TICs como estrategia para la minimización de emisiones de gases de efecto invernadero.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BULLA O. F. Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo. Gestión integral de residuos peligrosos. Bogota;2009.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA. Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Bogotá; 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE COMUNICACIONES. COMPUTADORES PARA EDUCAR MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Estudio piloto de recolección, clasificación, reacondicionamiento y reciclaje de computadores e impresoras usadas llevado a cabo en Bogotá en el marco del Proyecto “inventario de e-waste en Sudamérica” del centro regional de Basilea Para Suramérica. Bogotá; 2008.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 4741 de 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogotá; 2005.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES. Computadores para educar. Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la apropiación pedagógica de las TIC. Bogotá 2011.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Cancino D. J. Bogota. Recurso disponible en: <http://www.andesco.org.co/site/assets/media/camara/ambiental/Feb%202011%20MAVDT.pdf>

CHILE. C y V medioambiente. Diagnostico Producción, Importación y Distribución de Productos Electrónicos y Manejo de los Equipos Fuera de Uso. Santiago de Chile. Junio 2009

DANIEL OTT, Empa. Gestión de residuos electrónicos en Colombia. Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares. Marzo; 2008.

DOMENECH COTS J. R. Preparación de mercado para las compras públicas sustentables en costa rica. San José (Costa Rica). 2011. Recurso disponible en: <http://www.unep.fr/scp/procurement/pilotcountries/files/CostaRicaMRA.pdf>

Dr. Moguel .G.J. Instituto nacional de ecología de México. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo Diagnóstico sobre la generación de Residuos electrónicos en México. 2007.

Global Forum on Environment (OCD). Critical Metals and Mobile Devices. Mechelen, Belgium 2010.

HEVIA, L. F. URQUIAGA R.A. Diseño de un procedimiento general de Logística Reversa para la gestión de los residuos. La Habana (CUBA).

HOYOS A. J.C. Desarrollo y aplicación de un modelo de simulación de un sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos asociados al TIC en Colombia para analizar su viabilidad tecnológica y financiera. Universidad Nacional de Colombia. Medellín (COLOMBIA) 2011.

JOHNSON M. Cómo las TIC pueden ayudar a enfrentar el cambio climático. Newsletter, Marzo 2011. Recurso electrónico disponible en: <http://www.eclac.org/socinfo/noticias/paginas/9/30389/newsletter14.pdf>

Keqiang Qiu Y.Z. A new technology for recycling materials from waste printed circuit boards. CHINA. 2010.

LEÓN. J. Swis Federal Institute of Technology Lausanne. Modelling computer waste flows in the formal and the informal sector a case study in Colombia. Lausanne , EPFL. 2010

LÓPEZ, A. A. TORRES , S.Q. La Gestión de la Logística Reversiva. Universidad ICESI. CALI (COLOMBIA). Recurso electrónico disponible en: <http://www.icesi.edu.co/blogs/lrdm/files/2011/09/La-Gesti%C3%B3n-de-la-Log%C3%ADstica-Reversiva.pdf>

LÓPEZ. V. M, HUEDO C.E., GARBAJOSA. S.J. Green IT: tecnologías para la eficiencia energética en los sistemas TI. España.

Streicher. M, Rolf W. A., Beader P.H. Scheidegger R, Kytzia S. Key drivers of the e-waste recycling system: Assessing and modelling e-waste processing in the informal sector in Delhi. 2005.

[www.ewasteguide.info](http://www.ewasteguide.info) y [www.worldwatch.org](http://www.worldwatch.org)