

**SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA GESTIÓN  
POSTCONSUMO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES EN COLEGIOS Y  
JARDINES PRIVADOS DE LA CIUDAD DE PEREIRA**

**JOHAN ANDRES BERMEO JOVEN**

**1088273533**

**NATHALIA TAFUR VIVEROS**

**1088275733**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**ADMINISTRACION DEL MEDIO AMBIENTE**

**PEREIRA**

**2013**

**SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA GESTIÓN  
POSTCONSUMO DE RESIDUOS DE COMPUTADORES EN COLEGIOS Y  
JARDINES PRIVADOS DE LA CIUDAD DE PEREIRA**

**JOHAN ANDRES BERMEO JOVEN**

**1088273533**

**NATHALIA TAFUR VIVEROS**

**1088275733**

**TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
ADMINISTRADOR AMBIENTALDIRECTOR:**

**JANNETH CUBILLOS**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**M.SC. EN ECOTECNOLOGIA**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**ADMINISTRACION DEL MEDIO AMBIENTE**

**PEREIRA**

**2013**

**NOTA DE ACEPTACION**

-----  
-----  
-----  
-----

-----

**JURADO**

-----

**JURADO**

**PEREIRA, 2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios primeramente, la oportunidad de poder vivir, y ver realizados nuestros sueños. En segundo lugar a nuestras familias que siempre nos brindaron todo su apoyo incondicionalmente.

De igual forma agradecemos a todas las personas que de una u otra manera han ayudado en la construcción de este proyecto.

## CONTENIDO

	Pág.
<b><u>1. INTRODUCCION</u></b>	<b>10</b>
<b><u>2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</u></b>	<b>11</b>
2.1 PLANTEAMIENTO	11
2.2 FORMULACION	11
2.3 SISTEMATIZACIÓN.	12
<b><u>3. JUSTIFICACIÓN</u></b>	<b>12</b>
<b><u>4. OBJETIVOS</u></b>	<b>13</b>
4.1 OBJETIVO GENERAL	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
<b><u>5. MARCO DE REFERENCIA</u></b>	<b>14</b>
5.1 MARCO HISTÓRICO	14
5.2 MARCO LEGAL	15
5.3 MARCO CONTEXTUAL	18
5.3.1 POBLACIÓN OBJETIVO	19
5.5 MARCO TEORICO	20
5.5.1 ALTERNATIVAS DE MANEJO:	22
<b><u>6. DISEÑO METODOLOGICO</u></b>	<b>37</b>
6.1 DISEÑO DE MUESTREO:	37
6.1.2 UNIVERSO	37
6.1.3 DISEÑO DE ENCUESTA	38
6.1.4 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE MANEJO DE LOS COMPUTADORES EN DESUSO	38
6.2 ALTERATIVAS DE MANEJO EXISTENTES	38

6.2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	39
6.2.2 ENTREVISTA:	39
6.2.3 ALTERNATIVAS EXISTENTES:	39
<b>6.3 APLICACION DE METODOLOGÍA</b>	<b>39</b>
6.3.1 DESARROLLO METODOLOGÍA:	40
6.3.3 ANÁLISIS Y RESULTADOS:	43
<b><u>7. TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.</u></b>	<b><u>43</u></b>
<b>7.1 RESULTADOS OBJETIVO 1.</b>	<b>43</b>
<b><u>8. RESULTADOS OBJETIVO 2.</u></b>	<b><u>55</u></b>
<b>8.1 IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS</b>	<b>55</b>
8.1.1 REDUCCION	55
8.1.2 REUTILIZACION	56
8.1.3 RECICLADO	57
8.1.4 RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR	58
8.1.5 INCINERACION	59
8.1.6 DISPOSICION FINAL EN RELLENO DE SEGURIDAD	61
8.1.7 EXPORTACION A OTROS PAISES	62
<b><u>9. RESULTADOS OBJETIVO 3</u></b>	<b><u>63</u></b>
<b>9.1 METODOLOGIA AHP</b>	<b>63</b>
<b>9.2 ANALISIS DE RESULTADOS.</b>	<b>77</b>
<b><u>10. CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>79</u></b>
<b><u>11. RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>80</u></b>
<b><u>12. BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b><u>81</u></b>
<b><u>13. WEBGRAFIA</u></b>	<b><u>85</u></b>

## Figuras

Figura 1: tabulación pregunta 1 .....	43
Figura 2: tabulación pregunta 2 .....	44
Figura 3: tabulación pregunta 3 .....	45
Figura 4: tabulación pregunta 4 .....	46
Figura 5: tabulación pregunta 5 .....	47
Figura 6: tabulación pregunta 6 .....	48
Figura 7: tabulación pregunta 7 .....	49
Figura 8: tabulación pregunta 8 .....	50
Figura 9: tabulación pregunta 10 .....	51
Figura 10: tabulación pregunta 11 .....	52
Figura 11: tabulación pregunta 13 .....	53
Figura 12: tabulación pregunta 14 .....	54
Figura 13: tabulación pregunta 15 .....	55

## TABLAS

<b>Tabla 1: Escala de preferencias .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 2: criterios y subcriterios .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 3: Matriz de comparación por pares: Subcriterios .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 4: Matriz normalizada: subcriterios .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 5: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 6: Relacion de consistencia .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 7: Matriz de comparación por Pares: Facilidad Operativa .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 8: Matriz normalizada: facilidad operativa .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 9: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 10: Relacion de consistencia .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 11: Matriz de comparación por Pares: disminución de residuos. ....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 12: Matriz normalizada: disminución de residuos .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 13: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 14: Relacion de consistencia .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 15: Matriz de comparación por Pares: bajos costos en el manejo .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 16: Matriz normalizada: bajos costos en el manejo .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 17: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 18: Relacion de consistencia .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 19: Matriz de comparación por Pares: valorización de residuos .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 20: Matriz normalizada: valorización de residuos .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 21: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 22: Relacion de consistencia .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 23: Matriz de comparación por Pares: resistencia por parte de los actores involucrados .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 24: Matriz normalizada: resistencia por parte de los actores involucrados .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 25: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 26: Relacion de consistencia .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 27: Matriz de comparación por Pares: generación de empleo. ....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 28: Matriz normalizada: generación de empleo .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 29: <math>\lambda</math> Max .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 30: Relacion de consistencia .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 31: Matriz de comparación por Pares: evita la contaminación ambiental .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 32: Matriz normalizada: evita la contaminación ambiental .....</b>	<b>74</b>

Tabla 33: $\lambda$ Max.....	74
Tabla 34: Relacion de consistencia .....	74
Tabla 35: Matriz de comparación por Pares: permite el ahorro de recursos en su desarrollo.....	75
Tabla 36: Matriz normalizada: permite el ahorro de recursos en su desarrollo. ....	75
Tabla 37: $\lambda$ Max.....	75
Tabla 38: Relacion de consistencia .....	75
Tabla 39: MEJOR ALTERNATIVA.....	76

## ANEXOS

ANEXO I. ENCUESTA.....	87
ANEXO II. LISTA COLEGIOS ENCUESTADOS. ....	91
ANEXO III: FOTOS DE COMPUTADORES ALMACENADOS EN LAS INSTITUCIONES VISITADAS .....	92

## **RESUMEN**

Los residuos electrónicos requieren de un manejo postconsumo especializado, debido a que este tipo de desecho, si no recibe un buen tratamiento después de su vida útil, se puede convertir en un residuo peligroso, generando afecciones en la salud humana y en el ambiente.

En Colombia, se conoce poco acerca de la gestión de residuos electrónicos, sin embargo hay empresas que se dedican al reciclaje de los mismos, sumado a esto existe en el marco legal nacional la resolución 1512, el cual trata acerca del Manejo Postconsumo De Computadores.

Los computadores hacen parte de los RAEE (residuos eléctricos y electrónicos) representando uno de los residuos que más se genera en el sector educativo, puesto que el computador ha sido una herramienta indispensable en el aprendizaje de los estudiantes; por su parte, las instituciones educativas desconocen cómo darle un tratamiento adecuado de estos aparatos.

Este proyecto tiene el propósito de seleccionar la alternativa más adecuada para el manejo de residuos de computadores en los colegios y jardines de la ciudad de Pereira, a través de la aplicación de la metodología AHP. Brindándoles con este trabajo, las formas de gestión de estos aparatos alrededor del mundo, lo cual resulta beneficioso tanto para centros educativos, como para la población en general, el conocer esta información.

## 1. INTRODUCCION

El presente estudio se basa en el análisis de las alternativas existentes para el manejo postconsumo de computadores, lo cual permite adelantar diferentes actividades asociadas a la gestión integral de residuos sólidos.

Como caso de estudio y mediante el desarrollo del primer objetivo específico, se permite hacer un diagnóstico en los colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira, debido a que en éstos no existe estadísticas ni datos concretos sobre generación y disposición final de residuos electrónicos (en este caso, computadores). Para dicho diagnóstico se crea una encuesta que es usada como un instrumento que permite registrar la información relacionada a la gestión que se realiza con este tipo de residuos en las instituciones encuestadas. Con la realización de este objetivo, se comprende principalmente cual es el estado de los computadores en dichos centros educativos del municipio.

En este sentido, el segundo objetivo específico planteado se basa en la identificación de alternativas que permitan la gestión postconsumo de residuos de computadores, conforme a las políticas y normas existentes. Para este, se tomaron datos acerca de los residuos de computadores generados en diferentes países alrededor del mundo, de igual manera se observa cuál es el manejo dado por éstos a sus desechos tecnológicos.

Para lo anterior se propone el establecimiento y análisis de seis alternativas de manejo postconsumo dadas a nivel global, las cuales son: reutilización, reducción, reciclaje, responsabilidad extendida del productor (REP), incineración, disposición final en rellenos de seguridad y exportación de desechos eléctricos y electrónicos a otros países.

Finalmente, el tercer objetivo corresponde a la aplicación de una metodología, que permita la selección de la alternativa más adecuada para la gestión postconsumo de residuos de computadores en la población objetivo. Para éste fin se trabaja con la metodología AHP (Proceso De Análisis Jerárquico), la cual es utilizada para priorizar entre las diferentes opciones, la más apropiada para ser aplicada.

En consecuencia, el documento reúne leyes, normas en general y las alternativas existentes para el manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en los diferentes países estudiados.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1 PLANTEAMIENTO**

Debido al avance tecnológico, se ha generado el incremento y el inadecuado manejo de los residuos electrónicos, los cuales se consideran que contienen componentes peligrosos, ya que según datos de la fundación Terram de Chile (2012), el 3.5% del material de un PC es tóxico; lo cual significa que las sustancias químicas presentes en estos desechos podrían afectar la salud humana y el ambiente, si se manejan de forma inapropiada.

Por su parte, en Colombia se están llevando a cabo estrategias de regionalización de Tecnología, Ciencia e Innovación. En Risaralda, en especial en la ciudad de Pereira, se sigue trabajando en esta línea mencionada, bajo la dirección de los Consejos Departamentales de Ciencia y Tecnología (CODECYT), además de la colaboración de otros actores institucionales públicos y privados, (empresa, estado y academia) (CODECYT, 2010). Lo cual indica que en la ciudad, se está incrementando la cantidad de residuos electrónicos generados, contribuyendo a los problemas ya mencionados.

Éstos avances tecnológicos, aumentan la generación de desechos eléctricos y electrónicos, convirtiéndose en los residuos de mayor crecimiento en el mundo, con un incremento de una tasa del 3 al 5% por año, aproximadamente tres veces más rápido de lo normal comparado con los residuos sólidos urbanos comunes (Davis y Herat, 2008).

Por lo anterior, se concluye que el problema central es el mal manejo de los residuos de computadores, en éste caso, dado por parte de la población objeto de la presente investigación.

### **2.2 FORMULACION**

¿Cuál es la mejor alternativa para la gestión postconsumo de residuos de computadores en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira?

## **2.3 SISTEMATIZACIÓN.**

¿Cuáles son las condiciones actuales de generación y manejo de computadores dentro del flujo de los residuos electrónicos en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira?

¿Cuáles alternativas existen en el mundo para la gestión postconsumo de residuos de computadores dentro del flujo de los residuos electrónicos en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira?

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, la globalización ha generado un consumo excesivo de tecnología, debido a la amplia oferta de productos tecnológicos, entre ellos los computadores, los cuales cada día se hacen más asequibles a cualquier persona.

En consecuencia, Colombia ha convertido sus ciudades, en ciudades tecnológicas, donde tener un computador se hace indispensable, por ello casi todas las personas desean tener un portátil o un computador de mesa.

El problema radica en que estos componentes tecnológicos se deterioran o se vuelven obsoletos muy fácilmente (obsolescencia programa), por consiguiente, se genera una acumulación de residuos electrónicos. En el país, no se hace una buena gestión postconsumo de residuos de computadores, tanto así que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en “la política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos” (2005), menciona que el tema de la generación de residuos peligrosos en las instituciones educativas, es uno de los asuntos menos estudiados; además el Coordinador comercial de Emdepsa s.a. e.s.p. (Carlos García), empresa encargada de las gestión postconsumo de residuos peligrosos en la ciudad de Pereira, señala que no existe ningún estudio acerca del crecimiento, ni del manejo dado a los computadores, de ningún tipo en la ciudad.

Por ende, la importancia de esta investigación es aportar la mejor alternativa, respecto a las condiciones (sociales, técnicas, económicas y ambientales) existentes en Pereira, que permitan darle un mejor manejo postconsumo de

computadores dentro del flujo de los residuos electrónicos en el municipio, ya que hasta el momento no existe ninguna alternativa que dé una solución total a la acumulación y disposición final del residuo generado (computadores).

La realización de este trabajo es posible, puesto que se cuenta con información de diferentes fuentes (primarias y secundarias), con recursos humanos (docentes, estudiantes y asesores), además el tema presente resulta importante para minimizar la problemática ambiental que se genera.

Es de esperar que esta investigación sirva como una iniciativa que motive al avance de más estudios respecto a la temática, de igual forma, la creación de un sistema nacional que permita el manejo postconsumo de estos desechos de computadores, que día tras día se acumulan en los colegios, jardines, hogares, oficinas, entre otros.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Seleccionar la alternativa más adecuada que permita la gestión postconsumo de residuos de computadores en colegios privados y jardines de la ciudad de Pereira.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer las condiciones actuales de generación y manejo de computadores dentro del flujo de los residuos electrónicos en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira.

Identificar alternativas que permitan la gestión postconsumo de residuos de computadores en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira, conforme a las políticas y normas existentes.

Aplicar una metodología que permita la selección de la alternativa más adecuada de gestión postconsumo de residuos de computadores en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira.

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 MARCO HISTÓRICO

El crecimiento tecnológico ha hecho que cada día aumente el consumo de aparatos eléctricos y electrónicos y con esto, se ha generado la acumulación de éste tipo de residuos, debido a que al término de la vida útil de dichos aparatos en la mayoría de los casos, no se realiza una gestión adecuada para su respectiva disposición, y terminan por aumentar el número de residuos convirtiéndose en una problemática ambiental.

En el mundo, se estima que quedaron obsoletas alrededor de 20 millones de computadores (PCs), aproximadamente 7 millones de toneladas, para el año 2004 estas cifras habían aumentado a más de 100 millones; y entre 1994 y 2004, 500 millones de computadoras habrían llegado al fin de su vida útil (Blaser, *et al.* 2008).

A su vez, la Unesco (2010), considera a Latinoamérica, una región importadora de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), ya que los computadores en la región son ensamblados con piezas importadas. Por otro lado, se estima que de todos los computadores que hay en Latinoamérica, se estaría almacenando entre el 10 y 14% en condición de desuso, además, si se cuenta con las partes de computadores y sus accesorios, esta cifra se incrementa en un porcentaje del 23% al 35% anual.

En Colombia para el 2006 se importaron 16'500 toneladas de computadores en general (monitores y componentes), de las cuales 10'700 fueron vendidas y para ese mismo año se generaron 6'500 toneladas de residuos de computadores (Ott, 2008).

También el Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010), mencionó en la "Resolución 1512", que para el 2007, existió entre 6'000 y 9'000 toneladas de residuos de computadores, lo que corresponde entre 0.1 y 0.15 kg de estos desechos por persona, además, hasta el año 2013 se estarán vendiendo alrededor de 2.5 millones de equipos al año, lo cual generará más residuos de computadores, haciendo más agudo el problema del tratamiento de estos desechos tecnológicos.

Por otro lado, parte de esos equipos que finalizan su vida útil, a través de donaciones, actualizaciones o cambio de partes de los mismos; se reutilizan. Por

ejemplo, se estima que más del 50% de los computadores son reusados, esto permite que se prolongue la durabilidad del equipo y se disminuya la generación de residuos. En el país, los computadores viejos pasan a ser regalados a familiares o amigos, en el caso de algunas empresas, los PCs obsoletos son subastados entre los empleados antes de ser donados o vendidos (Ott, 2008).

Aunque en Colombia no existe una industria preparada para el reciclado de residuos electrónicos, hay algunas empresas que están involucradas en este proceso de reciclaje (Blaser, *et al*, 2008). Lo anterior indica, que parte de esos residuos de computadores se les hace tratamiento, pero también otra parte pasan a ser desechados, esto a razón que el tema del tratamiento de los residuos de computadores, en especial en la información sobre el manejo de los mismos, es poco difundida y poco aplicada por las empresas públicas y privadas, y hasta por el mismo gobierno.

## 5.2 MARCO LEGAL

En el ámbito internacional se destaca la directiva europea sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, creada en el 2003. (Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 2012)

**Estados Unidos:** No dispone de un marco normativo nacional, pero 17 estados tienen normas aprobadas y otros 14, tienen normas en estudio, además de normas disponibles en ciudades y distritos. En julio y setiembre de 2008 se presentaron dos iniciativas legislativas sobre el tema. Sólo rige la prohibición de exportar monitores.

**Japón:** Su legislación en vigencia desde 2001, requiere que los proveedores recolecten y reciclen los aparatos electrónicos, en base al principio de la responsabilidad extendida del productor. El consumidor debe pagar por el manejo postconsumo de los aparatos electrónicos que compren, si se trata de aparatos nuevos se incluye en el precio, de lo contrario debe abonar al entregar el producto (se estima un costo de 25 a 35 dólares).

**China:** En agosto de 2008 se aprobó una norma que recoge los mismos criterios de la directiva europea sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, pero

que además instrumenta un plan de reciclado centralizado con financiamiento por parte del Estado.

**Canadá:** Su situación es similar a la de Estados Unidos, en cuanto a que no dispone de legislación nacional y sí dispone de normativas locales en algunas provincias, como por ejemplo Alberta, Ontario, British Columbia, entre otras.

**Uruguay:** No dispone de legislación específica, sin embargo, en octubre de 2008 se presentó una iniciativa legislativa inspirada en las directivas de la Unión Europea. El proyecto de ley se encuentra a estudio de la Comisión de Medio Ambiente del Senado de la República (Unesco, 2010).

En Colombia existe la resolución 1512 de agosto de 2010, por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones, esta resolución también aplica para la ciudad de Pereira. Sin embargo, se han establecido otros acuerdos generales, enmarcadas en decretos y resoluciones, entre las cuales se encuentran:

### **Ley 430 de 1998**

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 como 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 (Ministerio del medio ambiente, 1998).

### **DECRETO 1713 de 2002**

Reglamenta el servicio de aseo, no tiene en cuenta el manejo postconsumo de computadores (Ministerio de Desarrollo Económico y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

### **Decreto 4741 de 2005**

En el marco de la gestión integral, el presente decreto tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente

En el anexo dos de esta norma se identifica el residuo A1180, correspondiente a 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 del anexo III. (Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, 2005)

### **RESOLUCIÓN 1512 de 2010.**

Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Artículo 1°. Objeto. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de computadores y/o periféricos que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de computadores y/o periféricos, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

En el país son pocas las leyes con respecto al tema de los residuos electrónicos (Cárdenas, 2009), esto dificulta su adecuado manejo. A pesar de que en el 2010 se aprobó la resolución 1512, esta resolución entro a regir a partir del año 2012, por lo tanto aún no es notoria su aplicación.

### **CONVENIO DE BASILEA DE 1992.**

El Convenio de Basilea trata sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (no trata sobre el manejo, es sobre el control de estos desechos al ser llevados a diferentes países), en vigencia desde

el 5 de mayo de 1992, tiene entre sus principales objetivos: a) reducir al mínimo la generación de desechos; b) establecer instalaciones adecuadas para la eliminación y manejo ambientalmente racionales de los desechos, procurando que sea lo más cerca posible de la fuente de generación; c) adoptar las medidas necesarias para impedir que el manejo de desechos provoque contaminación y, en caso de que se produzca, reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el ambiente; y d) minimizar el movimiento transfronterizo de los desechos e impedir su tráfico ilícito.

De conformidad con el Anexo I del Convenio, denominado: “Categorías de desechos que hay que controlar”, existen algunas que se relacionan con los desechos electrónicos, a saber: sustancias y artículos de desecho que contengan o estén contaminados por bifenilos policlorados (BPCs), terfenilos policlorados (TPCs) o Polibromobifenilos (PBBs); desechos que tengan como constituyentes: berilio o sus compuestos, compuestos de cromo hexavalente, selenio o sus compuestos, cadmio o sus compuestos, mercurio o sus compuestos y plomo o sus compuestos. También se refiere a las categorías de desechos que requieren una consideración especial, entre los que se hallan los desechos recogidos de los hogares (Román, 2007).

Siguiendo la más reciente normativa de la Unión Europea, los Estados Unidos (EEUU) y del MERCOSUR, los RAD-IT (residuos de aparatos y dispositivos del sector de informática y telecomunicaciones) serán residuos peligrosos a partir de su desmontaje y el desensamblaje de sus piezas, separando todos aquellos componentes o piezas que son asimilables a residuos domésticos de las corrientes o constituyentes peligrosos, y enumerados con gran precisión en los Anexo I, VIII y IX de la Convención de Basilea. (Fernández, G, 2007)

### **5.3 MARCO CONTEXTUAL**

La investigación se realizó en la ciudad de Pereira, (Risaralda, Colombia), la cual está localizada a 4 grados 49 minutos de latitud norte, 75 grados 42 minutos de longitud y 1.411 metros sobre el nivel del mar; en el centro de la región occidental del territorio colombiano, en un pequeño valle formado por la terminación de un contra fuerte que se desprende de la cordillera central. Su estratégica localización central dentro de la región cafetera, lo ubica en el panorama económico nacional e internacional, estando unido vialmente con los tres centros urbanos más importantes del territorio nacional y con los medios tanto marítimos como aéreos de comunicación internacionales.

### 5.3.1 POBLACIÓN OBJETIVO

Este trabajo se realizó para los colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira, ya que en estos, no se conocen las condiciones en que son manejados los residuos de computadores.

### 5.4 MARCO CONCEPTUAL

**AEE:** Se consideran aparatos eléctricos y electrónicos los que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 Voltios (V) en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos (CRANA, 2010).

**Aprovechamiento:** Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos (Decreto 1713 de 2002).

**Clones:** Equipos armados o ensamblados sin una marca específica (Ott, 2008)

**Efecto rebote:** Consiste en el aumento del consumo inducido por las mejoras en eficiencia o por las reducciones de costes en el producto. (Sempere, 2009)

**E-waste:** residuos electrónicos (Ott, 2008).

**Gestión RAEE (manejo postconsumo de RAEE):** Instrumento de gestión que contiene el conjunto de reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar la devolución y acopio de productos post-consumo que al desecharse se convierten en residuos peligrosos, con el fin de que sean enviados a instalaciones en las que se sujetarán a procesos que permitirán su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final controlada (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005).

**Metodología cuantitativa:** Es aquella que permite examinar los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la Estadística (Mendoza, 2006).

**Metodología cualitativa:** Tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad. No

se trata de probar o de medir en qué grado una cierta cualidad se encuentra en un cierto acontecimiento dado, sino de descubrir tantas cualidades como sea posible (Mendoza, 2006).

**Obsolescencia percibida:** Hace parte de la obsolescencia planificada que hace referencia al atractivo. En otras palabras, un objeto puede seguir siendo funcional, pero ya no se percibe como elegante o adecuado, de forma que se considera obsoleto por percepción en vez de por función. La moda se basa en la obsolescencia percibida y se puede decir que es el “producto” número uno de la industria publicitaria (Leonard, 2010).

**Obsolescencia programada o provocada:** Empresas que introducen deliberadamente en sus productos alteraciones para acortar su vida útil y obligar así al comprador a comprar el artículo en cuestión (Sempere, 2009).

**Periféricos:** Conjunto de dispositivos hardware de una computadora que potencia la capacidad de este y permite la entrada y/o salida de datos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**RAEE:** residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Ott, 2008).

**Reacondicionamiento:** Es un proceso técnico de renovación, en el cual se restablecen completamente las condiciones funcionales y estéticas de un equipo usado o desechado, de tal forma que pueda ser reusado o reutilizado para los mismos fines para los cuales fue fabricado inicialmente. Puede implicar además reparación, en caso de que el equipo tenga algún daño o avería (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Residuo de computador o periférico:** Computador o periférico que es descartado o desechado por un consumidor (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Reúso:** Cualquier utilización de un aparato o sus partes, después del primer usuario, en la misma función para la que el aparato o parte fueron diseñados (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

## 5.5 MARCO TEORICO

Según la Unesco (2010), en Latinoamérica no existe un sistema de gestión integral de residuos electrónicos, sin embargo, la mayoría de sus países ha

realizado procesos de reacondicionamiento de equipos obsoletos para promover su reúso, también en el sector informal se ha extendido la recolección de residuos domésticos a residuos electrónicos, realizando un fino desmontaje (separación por partes del equipo). Para estos procesos, no se tienen leyes apropiadas, ni específicas, solamente se rigen por medio de normas de residuos peligrosos concernientes en cada país; todo ésto dificulta el tratamiento final de este tipo de residuos, debido a que no se aclara, ni se resalta la importancia de incluir en la legislación, la gestión integral de los RAEE.

Además, muy pocas ciudades en Latinoamérica que cuentan con programas de puntos verdes o recolección de aparatos electrónicos y eléctricos en desuso. En tanto, en la mayoría de los países funcionan sistemas informales de chatarreros, cartoneros o fierreros. Los cuales colectan, transportan, desmontan y valorizan los RAEE, pero en gran parte, con un significativo impacto ambiental y para la salud de los que participan de éstas actividades, por los contaminantes o elementos cortantes presentes en la chatarra electrónica y eléctrica.

Por el momento en Chile, Brasil, Uruguay y Argentina, se trabaja en proyectos de ley muy restrictivos para darle solución a este problema creciente de residuos electrónicos. (Unesco, 2010). En Colombia ya se aprobó la resolución 1512 de 2010 acerca del manejo integral postconsumo de computadores.

Por otro lado, la penetración anual de computadores a nivel mundial es del 19,8%, para América Latina es del 16,1% y para Colombia es del 5%; debido a ello en el país se compran computadores de marca y clones, puesto que el porcentaje de clones en los hogares es más alto que el que tienen las instituciones privadas y públicas. Sumado a esto, no se fabrican computadores, se importan; de los cuales el 26% de las importaciones de estos equipos son computadores de escritorio, el 35% son monitores, el 20% son componentes y el 3% son portátiles; también se ensamblan equipos de marcas no tan conocidas como Smart, Qbex o Sure Computers.

Un computador obsoleto en Colombia puede obtener varios destinos, entre ellos: se guarda (en un tiempo no definido), se regala, se vende, se hace llegar a un reacondicionador (social), se le da a una persona que lo recicle (reciclador) o se bota a la basura. Para los institutos privados existe un concepto llamado leasing, en el cual un equipo después de 3 o 4 años de uso, se devuelve al fabricante. (Ott, 2008)

En Pereira, la única empresa formal para recoger computadores se llama EMDEPSA S.A. E.S.P, la cual tiene un cobro (en pesos colombianos) por kilo de residuos electrónicos recogido, estando este valor entre 1400\$ y 1600\$. Estos residuos son llevados a Medellín a la empresa ASEI S.A.S, la cual realiza un desensamble, retira las tarjetas de los equipos y las lleva a celdas de seguridad. Tienen incineradora pero no incineran RAEE (García, 2012). También en Bogotá existe una empresa llamada GAIA VITARE, la cual hace recolección y posterior tratamiento de residuos electrónicos sin ningún costo.

En la ciudad se da un reciclaje informal de RAEE, no existe ningún tipo de tratamiento especial de residuos electrónicos, tampoco hay leyes que soporten el manejo de estos residuos, o por lo menos no se logra percibir en el medio, la importancia de dichas leyes. (García, 2012)

Lo anterior, muestra lo poco que se ha trabajado en el tema de los residuos electrónicos, y se refleja más, cuando el consumidor no sabe qué hacer con el equipo después de finalizar su vida útil. Es por esto que para la presente investigación se hace indispensable describir cuales alternativas se aplican a nivel mundial en el manejo de residuos electrónicos.

### **5.5.1 ALTERNATIVAS DE MANEJO:**

#### **REUTILIZACION**

La reutilización de computadoras, es una gran alternativa de manejo para estos equipos, cuando se encuentran obsoleto, principalmente si la tecnología avanza rápidamente, generando diversas ocasiones diversas actualizaciones respecto al hardware y software, situación que se dificulta cada vez más si los equipos son viejos, debido a que los nuevos contienen modificaciones físicas (por ejemplo entradas USB, mayor capacidad de almacenamiento, pantallas modernas, entre otros), que los viejos no tienen (Universidad de Cádiz, 2002).

Según la asociación de ciudades y regiones para el reciclaje (ACRR, 2003), diversos países europeos como noruega, Suecia, Dinamarca, Bélgica, los países bajos y suiza, definieron normativas nacionales y organizaron sistemas de gestión de RAEE; sistemas que incorporan la reutilización como prioridad clara en el tratamiento de los residuos, y la cual dependerá de la clasificación en las

primeras etapas de recogida para conservar completo el residuo y un grupo logístico adecuado.

En un estudio realizado por Ott (2008), se menciona que en Latinoamérica se tiene como opción, el reacondicionamiento para los computadores obsoletos (terminando su “primera” vida útil), se identifican dos tipos: El reacondicionamiento comercial y social. El primero de ellos 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. En el segundo caso, se refiere a la revalorización del computador con fines sociales. Es decir, los equipos se reciben en donación y después del reacondicionamiento son regalados y no vendidos. Un ejemplo de esto es el programa computadores para educar desarrollado en diferentes países suramericanos.

En Argentina, existe un programa llamado “Proyecto Centros de Reacondicionamiento de Computadoras”, donde se entregan equipos reacondicionados a colegios públicos, a bibliotecas, centros comunitarios y organizaciones sociales; todo ello con el fin de brindarle una formación y capacitación a jóvenes en riesgo, brindándoles la oportunidad de un trabajo digno a futuro (Tufró, 2010).

También en Chile hay una fundación llamada Chilenter, la cual realiza las mismas funciones del programa computadores para educar, este es financiado por el Ministerio de Educación, que apoya a la fundación con una cantidad fija de dinero al año. Se estima que el costo por computador reacondicionado es alrededor de 130 dólares. Las instituciones que reciben los computadores por parte de Chilenter no pagan nada, al mismo tiempo en Chile se realiza el reuso de computadores, lo que se denomina darle un segundo tiempo de uso. Este segundo tiempo de uso requiere generalmente de un proceso de reacondicionamiento, en el cual las partes dañadas son remplazadas por partes más actualizadas, por ejemplo, se le podría cambiar el disco duro por uno de mayor capacidad, agregarle entradas USB, entre otros. De igual forma se le agregan versiones modernas de software o su debida actualización. Esto quiere decir que muy pocos periféricos vayan a terminar en la basura, después de su primera vida útil. Algunos ejemplos comunes de la forma en que un computador puede ser reutilizado (directamente o tras un paso de reacondicionamiento) son:

- Las empresas venden sus computadores usados a sus empleados.

- Las empresas venden sus computadores a negocios que reacondicionan computadores, por lo general en remates.
- Las empresas o instituciones públicas donan sus computadores (por ejemplo, a escuelas o reacondicionadores que trabajan sin fines de lucro).
- Los computadores se traspasan entre miembros de la familia.
- Se da los computadores a un tercero, un amigo, etc. (Steubing, 2007)

En Brasil, se encuentra otro programa llamado “Computadoras para Inclusión (Proyecto CI)”, este proyecto es igual que el de Colombia, Chile y Argentina. (Unesco, 2010), lo importante de estos programas es su objetivo, el cual es minimizar la brecha digital en países en desarrollo.

En Colombia, el más importante programa de reacondicionamiento social es el llamado “Computadores para Educar.” el cual, según la universidad de Cádiz (2002), éste realiza el reacondicionamiento de equipos que han sido donados a colegios públicos de diferentes países. La aplicación del programa ha sido el más exitoso de Latinoamérica reacondicionando computadores para donarlos a colegios públicos. Este programa se dio a conocer en el año 2000, y funciona como una asociación de tres entes públicos: SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), el Ministerio de Educación y el Ministerio de Comunicaciones (Blaser *et al.* 2008).

Según Blaser *et al.* (2008), otro tipo de reutilización es la realizada de manera informal, ésta permite alargar la vida útil de estos AEE, de tal modo que entran de nuevo al mercado, la reventa de estos equipos es inferior al de computadores nuevos; de igual forma estas actividades ofrecen un trabajo interesante para las personas que lo desarrollan. Sin embargo, el desarrollo de estas actividades de reutilización requiere de buena infraestructura, porque igualmente, se da origen a ciertos residuos, a los cuales se les debe dar una adecuada disposición final. Al mismo tiempo, estas instalaciones brindan menores riesgos a los trabajadores y al ambiente, sumado a ello, si se desea recuperar partes para ser reutilizadas, lo ideal es hacerlo manualmente y con todas las precauciones necesarias, ya que así se pueden recuperar mucho más fácil las partes, separar los residuos potencialmente peligrosos y se consume menos energía.

Un ejemplo dado por Espinoza *et al.* (2008) respecto a lo anterior, es el caso que se da en Leticia, Perú, donde se reacondicionan computadores usados, los cuales se venden a un precio más económico, esto se hace de forma informal. Allí mismo, algunos comercializadores que vende computadores de segunda mano con microprocesadores de 700 a 1000 Mhz (megahercio), disco con capacidad entre 10 a 40 GB y memoria de 128 a 556 RAM, que pueden costar entre (dólares) 70\$ a 120\$.

Dentro de este mismo contexto, en Colombia, los comerciantes de segunda mano compran computadores de personas naturales o pequeñas y medianas empresas, los cuales se revenden más económicos, como sucede en la ciudad de Bogotá, donde se venden equipos de computadores y partes de los mismos usados, en algunos centros comerciales; por ejemplo una CPU Pentium III cuesta desde \$150 (dólares), una CPU Pentium IV \$ 225; de igual forma Teclados desde \$ 10; Monitores de 15" (pulgadas) desde \$ 30; Monitores de 17" desde \$ 45, Monitores de 19" desde \$ 60; Monitores de 19" desde \$ 60, computador completo Pentium III entre \$ 225 – \$260; como también un PC completo Pentium IV \$ 260 – \$300. Estas tiendas compran y venden material de segunda, hacen reparaciones y mantenimiento. Es muy común el reúso de aparatos electrónicos y eléctricos, al igual que los computadores de mesa y portátiles. Al mismo tiempo algunas empresas antes de donar sus equipos, hacen subastas dentro de la misma empresa para sus mismos empleados, dado que su valor económico es alto, estos son reutilizados o regalados a familiares y terceros (Ott, 2008).

Hernández *et al.* (2010) mencionan que en el país, algunos de los recicladores informales que se encuentran computadores buenos o con partes en buen estado, venden estos equipos o partes, a los negocios de servicio técnico que reparan electrodomésticos o computadores para su reúso.

En Pereira, algunos de los colegios y jardines encuestados en la presente investigación, reutilizan las partes de los computadores que se encuentran en desuso, además los emplean como material didáctico para proyectos de investigación (ver figura 5). Sin embargo, la UNESCO (2010) dice que, el ciclo de vida de estos equipos reacondicionados es tres veces más corto que el de los equipos nuevos, prolongando su ciclo dos o tres años más, aproximadamente. En conclusión, la reutilización, resulta ser una alternativa económica para quienes la empleen, si se compara con la compra de un equipo nuevo, y a pesar de que se generan residuos, debido a que quedan partes o equipos completos, que en

definitiva no tienen reparación, son más las opciones de reutilizar lo que si sirve y remplazarlos con otras piezas.

## **RECICLAJE**

El reciclaje, ha sido la opción más empleada para el manejo postconsumo de residuos en general, Fernández (2007) y Domínguez (2011), aclaran que más del 95% de las partes de los AEE pueden ser reciclados; es aquí donde se presenta la oportunidad de hacer empresa respecto a los RAEE. Aunque Greenpeace (2011) y Domínguez (2011), reafirman que en promedio, los AEE tienen un 3% de elementos potencialmente tóxicos.

Para entender lo anterior, se hace indispensable conocer el porcentaje de los componentes existentes en un computador de escritorio. Éste está dominado por el acero de baja aleación (65%) y los plásticos (10%). Los metales preciosos como Au (27ppm), Ag (170ppm) y Pd (12ppm) que se encuentran solamente en concentraciones muy bajas. Analizando el “peso” (impacto) ambiental de los mismos componentes, la imagen cambia de manera drástica. Mientras que los aceros de baja aleación aún muestran el mayor porcentaje (23%), los metales preciosos como Au (20%) y Pd (18%) son casi igual de importantes. Además, el cobre (8%) y los plásticos (8%) también representan porcentajes considerables. (Blaser *et al.* 2008)

Los países desarrollados son los que más producen residuos electrónicos, debido a su capacidad de producción, por consiguiente, son los que más están interesados en controlar este tipo de desechos. Por ejemplo en el año 2006, la Unión Europea invirtió más de 800 millones de euros, relacionado con la gestión de los RAEE, esa inversión se recuperó con los metales recuperados (cobre, oro, estaño, entre otros) para la creación de nuevos AEE, además de otros usos, ello reduce gastos en rellenos sanitarios, gastos en morbilidad y salud pública, además de la contaminación del agua, alimentos o aire. (Fernández, G, 2007)

Ott (2008) muestra un ejemplo en Suiza, en donde se registró alrededor de 100'000 toneladas de RAEE para el año 2005, de los cuales, aproximadamente el 80% de estos residuos fue reciclado; también en Japón existen fabricantes que ya han montado sus propias empresas para reciclar sus residuos. Así mismo, en la India existen muchas personas de bajos ingresos que intentan sobrevivir de este trabajo, por ello se está trabajando en iniciativas que conllevan a la integración de programas formales de reciclaje. El documento de CRANA (2010), también

menciona el ejemplo en Navarra, España, donde existen nueve plantas preparadas para reciclaje de AEE, en Madrid, España, existen dos plantas, y otras en Arago, Cataluña, Baleares, Andalucía y la Comunidad Valenciana.

Marc (2009), indica que si todos los países europeos reciclasen un 65% de sus residuos, se reduciría el efecto invernadero, con una disminución de 247 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), equivalente a sacar 87 millones de coches de las carreteras europeas al año).

Por otro lado, en América Latina, con los computadores obsoletos se hace un desmontaje muy informal y limitado, debido a que reciclar este tipo de elementos es una tarea relativamente nueva, sobre todo para países en desarrollo. (Blaser *et al.* 2008)

Lo anterior, dificulta el trabajo de reciclaje de estos aparatos, ya que este tratamiento es incompleto, por esta razón, se crean problemas respecto a la salud humana y el ambiente. Blaser, *et al.* (2008), especifica que en los países en desarrollo, generalmente, los fundamentos para la recolección y reciclaje son informales, y aunque se crean empresas para hacer este trabajo con un sistema formal de gestión de residuos eléctricos y electrónicos, los hogares de igual forma siguen entregando sus residuos a recicladores informales. Lo cual significa que el mismo reciclaje de estos componentes debería tener en su proceso, educación a la comunidad para que se dé cuenta del problema ambiental, social, técnico, legal y económico de estos residuos.

En Argentina existen dos empresas muy reconocidas llamadas SILKER S.A. y e-SCRAP, las cuales se encargan de reciclar los residuos eléctricos y electrónicos, en tanto, éstas pagan (en dólares) por un kilo de plaquetas electrónicas, provenientes de un mother de PC, entre U\$ 2 y U\$ 8 por kilo, gracias a que un kilo de cobre vale U\$ 7,2, el estaño U\$ 14,1 o el oro U\$ 21.000; estas empresas no cobran por transporte, tasas ambientales de disposición final, mano de obra, entre otros; ya que estos costos son asumidos de la valorización de dichos residuos en el mercado. Sin embargo, en este país, no cuentan en su legislación con leyes que incluyan la gestión integral de este tipo de residuos eléctricos y electrónicos. Lo anterior hace que la recolección, gestión, reciclado y disposición final de los RAEE, involucre muchos actores, entre los cuales se encuentran cartoneros o recicladores, hasta empresas u organizaciones no gubernamentales (ONGs) con sistemas de gestión ambiental, los cuales conocen las normas y demás,

agregando lo dicho respecto al tema de la Convención de Basilea. (Fernández, G, 2007)

Compañías como Recycla, dedicada al reciclaje de residuos electrónicos en Chile, si cobra por el tratamiento de los RAEE y recauda hasta 300 dólares por tonelada de residuos electrónicos recibidos, al igual que Degraf, cobra 200 dólares por tonelada; pero también hay empresas como Carrascal que compran residuos electrónicos a 70 dólares la tonelada (Steubing, 2007).

En Colombia no existe una infraestructura para reciclar este tipo de aparatos, además no hay suficiente claridad respecto al compromiso de las partes involucradas (distribuidores, comerciantes, fabricantes, consumidores, entre otros). Al igual que en Latinoamérica existen pocas empresas que se dedican al reciclaje de RAEE, lo que existe es solamente reciclaje en gran cantidad por parte de recicladores informales. (Blaser *et al.* 2008)

De igual forma, no existe un sistema de gestión de E-waste (basura electrónica), y tampoco existen programas concretos que incentiven la responsabilidad extendida del productor. Sin embargo, se resalta que existen pequeños empresarios que están interesados en el tema, tal es el caso de Gaia Vitare, empresa que se dedica al reciclaje de este tipo de residuos, pero que su capacidad instalada aún no alcanza para cubrir la gran demanda en el país.

En el año 2008, se desarrolló el “Estudio Piloto de Recolección de Computadores e Impresoras en desuso en Bogotá D.C.”, éste se llevó a cabo con el apoyo de las oficinas de computadores para educar (CPE), los Ministerios de Comunicaciones y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y con el apoyo de Grandes Superficies de Colombia S.A. (Carrefour). Igualmente, contó con la participación del Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA), y con base en la experiencia internacional de esta organización en estudios pilotos similares en Sudáfrica, India y Chile, se prestó apoyo técnico al programa. La población objetivo de dicho estudio, fueron los hogares, de los estratos sociales 4, 5 y 6, los cuales entregaron equipos como computadores tipo escritorio o portátiles y sus periféricos, tales como: monitores, teclados, mouse, e impresoras, para su posterior aprovechamiento y gestión, a través de programas de reusó o reciclaje” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, 2008).

En el país, no se cuenta con un plan fijo de recolección de computadores obsoletos, y tampoco con planes de alternativas postconsumo para los mismos,

lo cual hace que la población en general, no sepa qué hacer con ellos, así que éstos son regalados a familiares, a computadores para educar, son subastados en las empresas, dejados en la calle o en su mejor opción entregados a alguien que los recicle. Para el reciclaje de estos aparatos eléctricos y electrónicos se hace insostenible todo su proceso (recolección, logística, control, reciclaje y administración), según experiencias en Europa, por ejemplo Suiza hace financiamiento de la tercera parte de los costos asociados a un sistema de tratamiento a través de la venta de materiales, las 2/3 partes restantes salen de una tasa anticipada de reciclaje (TAR) tomada al comprador al momento de efectuar su compra. Existen tres posibles instituciones que cubran los gastos adicionales: el estado, el consumidor y la industria (Ott, 2008).

Sin embargo en ciudades como Medellín, las tarjetas de computadoras recogidas son llevadas a Cartagena a la empresa “RECICLABLES”, las cuales son llevadas a otros países para su reciclaje, debido a que en Colombia no existe la tecnología para hacerlo (Ott *et al*, 2009).

Lindhqvist, *et al.* (2008), afirma que el reciclaje casero tampoco es lo suficientemente eficiente en términos de la conservación de los recursos. Un trabajo realizado en la India, estima que la eficacia total de un proceso químico húmedo para la recuperación de oro de PCI, es del 20%. Esto se compara con el 95% recuperado en una instalación de última generación en la Unión Europea, que puede recuperar no sólo oro sino también otros 16 metales preciosos con menores emisiones totales. Asimismo Blaser *et al.* (2008) señala que un computador contiene metales preciosos, por ejemplo el oro llega a ser mucho más que el encontrado naturalmente en una mina.

Por otra parte, los intermediarios, recicladores o chatarrerías pagan en promedio por algunos materiales de aparatos eléctricos y electrónicos de la siguiente manera (pesos colombianos): Cables mezclados: \$7.000/kg; Fuente de poder: 2.000/unidad; conectores externos, magnéticos y hierro, motores, discos, pieza de aluminio, acero inoxidable, anillos, tornillos, lectores: \$200/kg; transformador: \$7.000/kg; cable ancho: \$7.000/kg; carcasas: no tienen ningún precio comercial; las ponen en una bolsa para que las recoja la empresa de aseo; tarjetas de circuito impreso (TCI) (depende del tipo de tarjeta, cambia significativamente el precio): TCI computador viejo: \$ 7.000/kg TCI computador nuevo \$ 1.000/kg Mixto: \$ 3.000 – 4.000/kg; bobinas de cobre: \$7.000/kg; ventiladores: \$1.500/kg; carcasa de aluminio: \$1.500/kg; tarjetas de circuito impreso pequeñas y cables: \$7.000/kg; pieza fundida de aluminio: \$ 3.000 – 4.000/kg (Ott, *et al.* 2009).

Debido a la poca infraestructura que posee Colombia, como también en Pereira, para hacer esta labor de reciclar computadores, los recicladores informales hacen su parte, ellos desarman los equipos y recuperan lo que se puede reciclar. En la ciudad, en la carrera novena con calle 13 (debajo de los puentes llegando al viaducto Cesar Gaviria), se compran computadores o su partes (pesos colombianos) a recicladores informales o personas naturales, por ejemplo, un computador completo (con 60 Gb de disco duro y 512 Mb de RAM) se compra entre 20'000 a 25'000 \$ cada uno; las pantallas de computadores se compran de 3'000\$ a 4000\$; torres de computadores a 6'000\$ (las cual se desarma y se revende para reciclaje por partes); tarjetas de computadores a 7000\$ por kilogramo; los portátiles varían en precio de 10'000 a 15'000 \$. Estos se desarman y sacan las partes que pueden ser útiles y se venden a mayoristas (por ejemplo el cobre).

## **REDUCCIÓN**

El consumir significa comprar cosas que hacen parte de las necesidades diarias, y que a su vez satisface el autoestima de quien compra y consigue un nivel de aceptación social más alto. El hiperconsumismo sobrepasa al consumismo, ya que este consiste en gastar más allá de lo necesario, hasta el punto de agotar los recursos naturales, como es el caso de los Estados Unidos, y de algunos países en el mundo. (Leonard, 2010)

Lo anterior, hace referencia a que muchas personas desean consumir, y no reducir, puesto que la gente está adaptada socialmente al consumo, debido a que en los diferentes medios de comunicación como la televisión, internet, propaganda, entre otros, se incentiva a hacerlo.

Según Lecitra (2010), la reducción representa la etapa inicial y principal en el manejo de los residuos, y para que esto se lleve a cabo, se deben implementar medidas entre las administraciones públicas y los sectores productivos relacionados con el tema, fomentar la reutilización y el reciclaje a través de campañas educativas y planes empresariales, que encaminen a la minimización de los residuos y de sustancias peligrosas presentes en estos.

En el documento de ACRR, (2003), se aclara que al emplear la reducción, se minimiza el impacto medio ambiental, un ejemplo está relacionado con los RAEE, porque al fabricarlos (aparatos eléctricos y electrónicos) se consumen grandes

cantidades de energía y materias primas, recursos que también se gastan durante su vida útil. Sin embargo Lara (2008), menciona que al reducir, se minimiza la economía en un territorio, especialmente en países en vía de desarrollo, ya que lo importante es consumir y generar ganancias de ello.

Actualmente, Flandes (Europa), ha logrado eliminar la relación entre crecimiento económico y generación de residuos, y ha conseguido reducir los residuos de 550kg en 1996 a menos de 150kg por habitante en 2006 (Marc, 2009).

Colombia por ser un país en desarrollo, hace que su estabilidad financiera se base en el consumismo, buscando un desarrollo económico tan alto como los países desarrollados; por ello en el país no se realiza la reducción, y más cuando la mayor parte de la población es económicamente vulnerable, con el deseo de mejorar su calidad de vida, lo cual hace que se desee consumir en grandes cantidades.

## **INCINERACIÓN**

Según Blaser *et al*, (2008), el objetivo principal de la incineración, es llevar los residuos a una forma inactiva, de igual manera recupera energía con el uso del poder calorífico de los materiales del residuo, este proceso debe tener un manejo de gran cuidado, debido a la cantidad de residuos peligrosos que se generan. Por ejemplo, en los países desarrollados existen plantas donde se realiza incineración controlada, pero antes de tener estas plantas tan sofisticadas, en dichos países, se incineraban los aparatos completos, no tomando la utilidad económica dada por la extracción de metales valiosos en estos aparatos, sino que se disponían con la ceniza sobrante.

Un problema de estas plantas respecto a los E-waste, es que tienen en su interior PVC, el cual no se puede quemar debido a los gases peligrosos que produce; al incorporar los RAEE a una planta de incineración, estos generan muchos metales pesados en las cenizas sobrantes, los cuales son extremadamente peligrosos en todo sentido. Por ejemplo, una pantalla de tubo de rayo catódico, genera pérdida de energía durante la incineración del mismo (ACRR, 2003). Esto es de gran importancia, ya que podría generar mayores consumos de energía.

Marc (2009), señala que en Europa, algunos países utilizan la incineración de residuos en general, para la creación de energía. Por ejemplo en Dinamarca, en el 2007 se generó 800 Kg de residuos per cápita, de los cuales se incineró el

53%, Holanda con 630 kg por habitante, incineró el 38% de sus residuos, Alemania optó incinerar sus residuos (35%) como última opción, pero de igual manera sigue creando incineradoras. Ello significa que la incineración como tratamiento final, compite en Europa con el reciclaje, debido a las políticas existentes respecto al tema.

Zhang *et al*, (2008), menciona que en Shangai (China), utilizan la incineración para eliminar sus residuos urbanos, debido al acelerado crecimiento de los mismos. Sin embargo, Marc (2009) señala que la utilización de estas plantas genera problemas, ya que la eficiencia de estas es mucho menor a la de las plantas energéticas de carbón o gas, al mismo tiempo las emisiones de CO<sub>2</sub> son mucho más altas que una planta que solo se dedique a la generación de energía; por otro lado se podría ganar más reciclando que incinerando. Dichas plantas, debido a su baja eficiencia energética necesita quemar proporcionalmente muchos más residuos para crear una unidad de electricidad, además producen escorias que contaminan las aguas y aumentan el efecto invernadero. Todo lo anterior demuestra que la incineración con recuperación de energía es un sistema de tratamiento térmico de poca eficiencia energética, que despilfarra recursos materiales y energéticos, produce tóxicos que no existen en el medio ambiente, desincentiva el reciclaje y crea poca capacidad de generar empleo y sostenibilidad.

En los países en vía de desarrollo se ha dado relevancia a lo económico por encima de lo ambiental, contrario a los países desarrollados, los cuales debido a su estabilidad económica, tienen más en cuenta el factor ambiental a la hora de invertir en cualquier proyecto.

En Bogotá y Medellín, existen algunas empresas que ofrecen un servicio de incineración especializado para el manejo de los residuos, sobretodo residuos peligrosos de carácter biológico-infeccioso. No incineran residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Ott, 2008).

De acuerdo a lo anterior, en Pereira no existen incineradoras, y menos de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, por ende esta opción no es viable, ya que podría causar muchos daños en el medio ambiente y en la salud de las personas. Además, sin contar con los costos de estudio e implementación de la planta para llevarla a cabo; sumado a esto, Kumar (1999), menciona que en Colombia no hay requerimientos legales que respalden el realizar la incineración como opción para el tratamiento de los residuos en general, a pesar de que existe

el decreto 02 del 11 enero de 1982 y el decreto 948 del 5 de junio de 1995, que se refieren a la incineración de residuos sólidos, contemplando especificaciones técnicas de altura mínima de las chimeneas y del punto de descarga de gases al aire, el contenido de azufre, entre otros; éstos, no establecen normas de emisión para otros contaminantes peligrosos como: óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (VOC), óxidos de azufre (SOx), monóxido de carbono (CO), ácido clorhídrico (HCL), ácido fluorhídrico (HF), metales pesados como el mercurio (Hg) y el cadmio (Cd) que vienen al interior de los computadores.

## **DISPOSICION FINAL EN RELLENOS DE SEGURIDAD**

La presencia de los residuos electrónicos contribuye a que se generen los lixiviados en los rellenos sanitarios, los cuales contienen metales pesados y sustancias tóxicas al ambiente (Blaser *et al.* 2008).

Durante el año 2000, estudios realizados en Estados Unidos, muestran que más de 4.6 toneladas de sus residuos terminan en vertederos, contaminando el suelo y el aire, al liberarse las sustancias al ambiente y a la población cercana a estos.

Europa ha adoptado legislaciones para prevenir que los residuos electrónicos acaben en los vertederos, debido a la peligrosidad inherente a éstos. Sin embargo, en Hong Kong, se estima que entre el 10 y el 20% de los ordenadores desechados terminan sus días en los vertederos (Villasevil, 2008).

Se pueden controlar los efectos que se producen al depositar los residuos en vertederos respetando normas técnicas desde el punto de vista ambiental, pero aún existen en muchos países, vertederos incontrolados, por ejemplo en Grecia hay aproximadamente 5000 vertederos de los cuales cerca del 70% son incontrolados; en Portugal hay 300 aproximadamente.

Fernández, G, (2007) indica que para muchas sociedades de América latina resulta más simple enterrar éstos residuos (RAEE) que impulsar complejos procesos de reciclado, mientras que en países como Japón, EEUU o Europa financian económicamente éstos procesos. Por ejemplo, la Unesco (2010), menciona que actualmente en Perú hay un solo relleno de seguridad (BEFESA) autorizado para el manejo adecuado de los RAEE, que se encuentra ubicado en Chilca al sur de Lima.

Los costos en Chile para el tratamiento de residuos es el siguiente (en dólares): el transporte de 5 toneladas de residuos industriales es de 90 (US\$) por cada 2 horas; el costo por el tratamiento final de 1 tonelada de residuos sólidos en Santiago es de 32 (US\$); el transporte corresponde a un valor de 20 (US\$); la disposición en relleno sanitario, 12 (US\$); el tratamiento final en un basural no autorizado (sin transporte) es de 4 (US\$); el tratamiento de 1 tonelada de residuos peligrosos en Hidronor (empresa líder de la gestión de residuos industriales en Chile) es de 190 (US\$) (Steubing, 2007). Estos datos muestran lo costoso que puede ser el tratamiento de los residuos peligrosos contenidos en los computadores.

En el municipio de Mosquera (Cundinamarca) existe el único relleno de seguridad autorizado en Colombia, para la disposición de residuos especiales o peligrosos, especialmente para los residuos industriales. Para algunos materiales y componentes de E-waste que no se puede realizar aprovechamiento, recuperación o recicle se efectúa una disposición final en un relleno de seguridad, siempre y cuando se cumpla con los respectivos estándares ambientales (Ott, 2008).

Sin embargo, de acuerdo con el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), en el país, la disposición en rellenos de seguridad es restringida y no masiva, es importante aplicar otras alternativas de manejo como el reciclaje, o la valorización de residuos, antes de disponer los residuos en estos rellenos (Procuraduría General De La Nación, 2011).

## **EXPORTACION DE RESIDUOS ELECTRONICOS A OTROS PAISES**

Greenpeace (2008) indica que algunos países desarrollados, exportan sus residuos electrónicos a otros países, con la excusa de reducir la brecha digital. Estudios hechos en África, señalan que los materiales electrónicos que llegan a este continente, no pueden ser reutilizados, ya que se encuentran rotos, viejos, y otros no funcionan La exportación de residuos electrónicos es ilegal en muchos lugares como en la Unión Europea, pero sin embargo, la agencia de protección ambiental en Estados Unidos lo denomina reciclaje legítimo. Por otra parte, Se ha comprobado que entre las personas que se encargan de manejar estos residuos en los países en vía de desarrollo son niños entre los 5 y 18 años de edad, generando en ellos problemas de salud, en China por ejemplo, los menores de edad que se encuentran trabajando en el reciclaje informal de estos residuos

tienen acumulado en su sangre grandes cantidades de plomo que aumentan de acuerdo al tiempo trabajado en esta actividad.

De acuerdo a lo anterior, estos residuos electrónicos, son transportados y se descargan en países pobres como lo son Pakistán, India o Nigeria, en los cuales el manejo de estos residuos se lleva a cabo de manera inadecuada realizando quemas, liberando sustancias que contaminan el aire, suelo y agua, y provocando daños en la salud, en especial a las personas de más bajos recursos. El problema subyace en que reciclar estos RAEE resulta muy costoso, ya que se requiere de personal especializado, para realizar la reparación de partes y tratamiento especial, sin contar con la rigurosidad de las leyes ambientales. Por ello son exportados a países que se encuentran en vía de desarrollo, porque allí las leyes son pocas respecto a la temática, contando además que los empleos escasean, la mano de obra es muy económica encontrando en esto una opción de trabajo (Espinoza *et al.* 2008).

A pesar que esta actividad representa ingresos económicos para la población más vulnerable, también es la causa de contaminación sobre los recursos naturales, el caso más alarmante es Guiyu, en Guangdong (China) durante estudios realizados entre 2003 y 2005 encontraron concentraciones de polibromodifenileteres (PBDE), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) cancerígenos, mutagenicos, teratogenicos y bioacumulativos en muestras de suelo, especialmente donde se realizaron quemas de residuos al aire libre; también se han identificado concentraciones de metales pesados como plomo cadmio y zinc en muestras del rio Liajiang y en el aire en un rango de 4 a 33 veces más que los datos registrados en otros lugares del continente asiático; Además de sus propios residuos electrónicos, en algunos países de América Latina, se aumenta el problema con la importación legal e ilegal de residuos que ingresan para ser recuperados y reutilizados sin ningún control (Lindhqvist, *et al.* 2008).

En Colombia hasta el momento no se ha podido observar la importación de equipos usados o de segunda para su comercialización (Ott, 2008). Por ende en Pereira no se importan equipos usados.

## **RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR (REP)**

La responsabilidad extendida del productor (REP) es realizada por los fabricantes que se encargan de las diferentes etapas del producto desde el inicio hasta el final, especialmente en el reciclaje y la disposición final, esta política es implementada mediante diferentes instrumentos administrativos, económicos e informativos. Existen dos tipos de metas en esta alternativa: la primera es la mejora en los equipos y sus sistemas, y la otra, es la excelencia en la calidad del producto y planes de gestión postconsumo que lleven a la recolección, tratamiento, y reuso o reciclaje; estos programas se hacen más fáciles cuando las marcas son reconocibles en los productos, y se hacen difíciles en los productos llamados clones. La REP tiene tres tipos de responsabilidades: la física, la económica y la de información. Dentro de la responsabilidad física, se involucra al productor en la gestión física del producto y de sus respectivos efectos, en la responsabilidad económica, el productor se encarga de los costos totales o en parte para la recolección, reciclaje o disposición final de los productos, y la responsabilidad de información obliga al productor de compartir datos sobre las características ambientales de sus productos por ejemplo con los recicladores.

Según Lindhqvist *et al.* (2008), las leyes a nivel global en la gestión de residuos son débiles y poco aplicadas, por ello es importantes la responsabilidad de los fabricantes en sus productos sobre todo cuando estos ya han sido desechados por el consumidor; Espinoza *et al.* (2008) señala que en el Perú, por ejemplo, algunas empresas como IBM, HP y EPSON, están implementando programas para el manejo de sus residuos. Así mismo, la Unesco (2010) menciona que en tres departamentos del Brasil, tienen un marco legal explícito de la REP.

Es importante mencionar, que sin leyes que aprueben estas iniciativas de la REP es muy difícil que los países en vía de desarrollo puedan realizar grandes avances respecto al buen manejo postconsumo de estos desechos.

En Colombia con la Resolución 1512, la REP se hace muy explícita, ya que a partir del año 2012, las empresas fabricantes de computadores deben empezar a darle un adecuado tratamiento a sus residuos, incrementando cada año el porcentaje de residuos tratados, por ejemplo el primer año (2012) como mínimo se debe tratar el 5 % de los residuos, el siguiente año un 10 % y así sucesivamente hasta llegar como mínimo al 50% (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

## 6. DISEÑO METODOLOGICO

La metodología aplicada al presente trabajo es investigación cualitativa, debido a que se describen las condiciones actuales de manejo de los residuos de computadores, dados en los colegios y jardines de la ciudad de Pereira. También es considerada investigación cuantitativa, porque a través de métodos numéricos y estadísticos, se selecciona la población objetivo de la investigación y se determina la mejor alternativa a aplicar para el tratamiento postconsumo de este tipo de residuos electrónicos.

El desarrollo del diseño metodológico se centró en los tres objetivos planteados inicialmente, cada uno de ellos contiene pasos a seguir para su respectivo cumplimiento.

### 6.1 DISEÑO DE MUESTREO:

**OBJETIVO 1: Establecer las condiciones actuales de generación y manejo de computadores dentro del flujo de los residuos electrónicos en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira.**

Para el cumplimiento de este objetivo se procedió a la aplicación de una encuesta sobre la temática en los colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira, para ello se planteó lo siguiente:

#### 6.1.2 UNIVERSO

La población objeto de la presente investigación, se obtuvo a partir de una lista de colegios y jardines privados del mismo municipio, otorgada por parte de la alcaldía, dicha lista consta de 180 contactos de estas instituciones, de las cuales se tomó una muestra de 45 establecimientos. Este tamaño de muestra se calculó para la estimación de una proporción, con un error máximo del 10%, con la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{N(p(1-p))}{(N-1)(B^2/4 + p(1-p))}$$

Donde, n es el tamaño de muestra, N es la población total, p es la proporción estimada, que para este caso se tomó el 10% para obtener el error en todos los casos, y B es el error al cuadrado (Serrano, 2012).

### **6.1.3 DISEÑO DE ENCUESTA**

La formulación de la encuesta, se conformó de 15 preguntas, con la cuales se pretendió determinar el manejo de los computadores en desuso por parte de los colegios y jardines de la ciudad de Pereira (Anexo I) .

### **6.1.4 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE MANEJO DE LOS COMPUTADORES EN DESUSO**

### **6.1.5 APLICACIÓN DE ENCUESTA**

Para establecer las condiciones actuales en las que se encuentran los residuos de los computadores en los colegios y jardines privados, se realizaron durante un periodo de 5 meses, visitas técnicas valoradas mediante encuestas semiestructuradas, dirigidas al docente o personal encargado del área de sistemas de cada institución.

Previamente a las visitas, se realizó un primer contacto vía telefónica con el personal del colegio o institución educativa tratando de obtener una cita para la aplicación de la encuesta, sin embargo, esta labor no fue fácil de realizar al encontrarse un rechazo por parte de las instituciones para llevar a cabo esta actividad. Además, se encontró que los números telefónicos reportados en la alcaldía municipal no coincidían con los establecimientos educativos, convirtiéndose en un problema para establecer contacto con los centros educativos para posteriormente aplicar la encuesta.

Por la anterior razón, solo fue posible realizar la aplicación de la encuesta en 30 instituciones (Anexo I).

## **6.2 ALTERATIVAS DE MANEJO EXISTENTES**

**OBJETIVO 2: Identificar alternativas que permitan la gestión postconsumo de residuos de computadores en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira, conforme a las políticas y normas existentes.**

Para identificar dichas alternativas de manejo postconsumo de computadores en colegios y jardines privados de la ciudad de Pereira, se procedió a realizar una revisión bibliográfica, y la aplicación de entrevistas:

### **6.2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Para el cumplimiento de este objetivo se recopiló información relacionado con el tema, mediante fuentes bibliográficas, halladas en internet, en libros, y documentos obtenidos en entrevistas a instituciones (por ejemplo la CARDER).

Dicha recopilación de información se basó en experiencias realizadas a nivel mundial.

### **6.2.2 ENTREVISTA:**

Se realizaron entrevistas a las diferentes instituciones que realizan funciones como, gestionar, controlar y vigilar el manejo de los residuos electrónicos a nivel municipal.

### **6.2.3 ALTERNATIVAS EXISTENTES:**

Se identificaron las diferentes alternativas a evaluar para posteriormente seleccionar una de ellas (Objetivo 3).

## **6.3 APLICACION DE METODOLOGÍA**

**OBJETIVO 3: Aplicar una metodología que permita la selección de la alternativa más adecuada para la gestión postconsumo de computadores dentro del flujo de los residuos electrónicos en la ciudad de Pereira.**

Para llevar a cabo este objetivo se seleccionó la metodología, AHP (análisis multicriterio), para evaluar las alternativas existentes respecto al manejo postconsumo de computadores en el mundo, y posteriormente realizar una selección de la mejor opción a aplicar en los colegios y jardines de la ciudad de Pereira.

Esta metodología, fue seleccionada debido a su fácil aplicación y entendimiento, además tiene una amplia aplicación en procesos de investigaciones de este tipo.

Este método, está diseñado para cuantificar juicios u opiniones gerenciales sobre la relevancia de cada uno de los criterios en conflicto, utilizados en el proceso de toma de decisión (Roche, y Vejo, 2005).

### 6.3.1 DESARROLLO METODOLOGÍA:

Se realizó el estudio acerca del desarrollo de dicha metodología AHP, para el cumplimiento del tercer objetivo y se procedió a su aplicación, mediante la formulación de diferentes criterios y subcriterios, que permitieron escoger la alternativa más adecuada para el manejo de los residuos de computadores.

Los siguientes son los pasos para desarrollar la metodología AHP:

- **MATRIZ DE COMPARACION POR PARES**

En la metodología AHP se utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos, es decir al comparar entre dos criterios o dos alternativas.

**Tabla 1: Escala de preferencias:**

<b>Planteamiento verbal de la preferencia</b>	<b>Calificación numérica</b>
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

**Fuente: Toskano, 2005.**

La anterior tabla, evalúa los subcriterios de acuerdo a la calificación establecida en la escala de preferencias y se realizan ocho tablas para también evaluar las preferencias entre alternativas.

Se escogieron cuatro criterios, de los cuales resultaron 8 subcriterios; se decidió solo evaluar los subcriterios en la metodología AHP, debido a que estos contenían los criterios en sí, ello facilita el desarrollo de la metodología, puesto que hace más específico las ideas o conceptos que se desean evaluar para elegir la mejor alternativa a llevar a cabo.

**Tabla 2: criterios y subcriterios**

Criterios	Subcriterios
Técnicos	Facilidad operativa
	Disminución de residuos
Económicos	Bajos costos en el manejo
	Valorización de residuos
Sociales	Resistencia por parte de los actores involucrados
	Generación de empleo
Ambientales	Evita la contaminación ambiental
	Permite el ahorro recursos en su desarrollo

Fuente: elaboración propia.

- **MATRIZ NORMALIZADA:**

En la matriz normalizada se tomaron los datos de la matriz de comparación por pares tanto de los subcriterios (una tabla) como de las alternativas (ocho tablas) y se procedió a desarrollar nueve tablas más, una para los subcriterios y otras ocho para las alternativas.

En este punto, se multiplicó el primer dato de la matriz de comparación por pares cada columna por el total de la sumatoria la misma, posteriormente, se calculó los promedios de cada fila y se realizó la sumatoria vertical de estos promedios, arrojando en todas las tablas el valor de 1, que indica que se evaluó el 100% de los datos. Esto se realizó para todas las columnas de cada tabla (de subcriterios y de alternativas).

- **ANÁLISIS DE CONSISTENCIA**

La calidad de la decisión se relaciona con la consistencia en los juicios, demostrada por el tomador de la decisión durante la comparación por pares.

Los valores de relación **por arriba de 0.10 (10%)** indican juicios inconsistentes.

Pasos para realizar el análisis de consistencia:

➤  **$\lambda$  Max (LANDA MAX)**

Producto de la matriz por pares y el vector columna de pesos relativos de la matriz normalizada

- $\lambda$  max: división de  $\lambda$  max entre el vector columna de pesos relativos de la matriz normalizada.
- Se halla n: número de elementos en comparación.
- Se calcula IA (índice aleatorio),  $IA = 1.98 * (n-2) / n$ .
- Se calcula IC (Índice de consistencia),  $IC = (\text{promedio } \lambda \text{ max} - n) / (n-1)$ .
- Se calcula la razón de consistencia,  $RC = IC / IA$ .
- Para que sea consistente el RC tendría que ser menor o igual a **0.1**.

**MATRIZ DE LA MEJOR ALTERNATIVA.**

Finalmente, se realiza la matriz de la mejor alternativa encontrada, aplicando los datos de los promedios de cada tabla mediante la siguiente fórmula:

$$A1 = C1(A1 * C1) + C2(A1 * C2) + C3(A1 * C3) + C4(A1 * C4) + C5(A1 * C5) + C6(A1 * C6) + C7(A1 * C7) + C8(A1 * C8)$$

A1= ALTERNATIVA 1 (en este caso la alternativa 1 es el reciclaje)

C1= SUBCRITERIO 1 (el Subcriterio 1 es la facilidad operativa)

La fórmula se aplicó para las cinco alternativas establecidas (A1, A2, A3, A4 y A5) en el desarrollo del objetivo 3 de la presente investigación.

### 6.3.3 ANÁLISIS Y RESULTADOS:

Se seleccionó la alternativa más adecuada identificando sus procedimientos a seguir; estableciendo ésta, como herramienta de gestión para la población objetivo de la presente investigación.

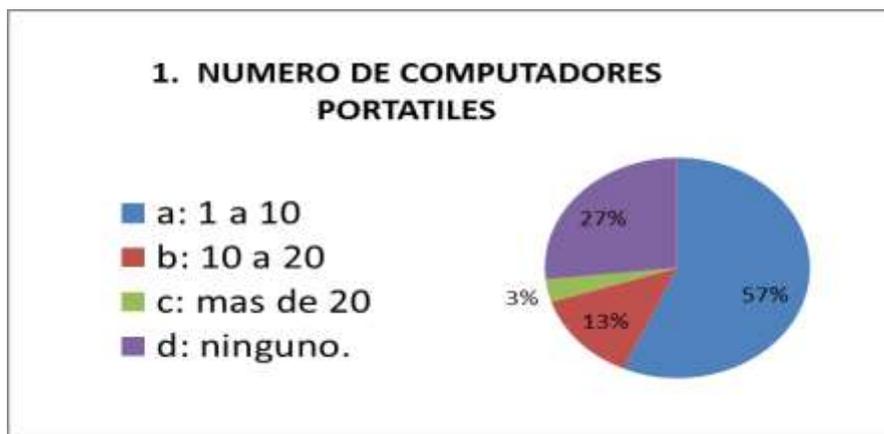
## 7. TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 7.1 RESULTADOS OBJETIVO 1.

Las siguientes graficas representan los resultados obtenidos mediante la realización de las encuestas mencionadas en el diseño metodológico del trabajo, y su respectiva tabulación, estableciendo el análisis de cada una de ellas.

1. Con relación a los computadores, ¿con cuántos computadores portátiles cuenta su institución?

Figura 1: tabulación pregunta 1.



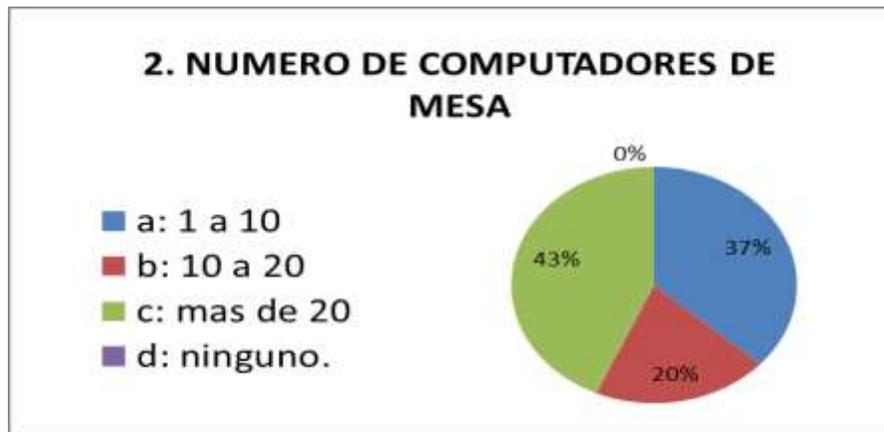
Fuente: elaboración propia.

Todas las instituciones cuentan con computadores portátiles y de mesa, pero existen más computadores de mesa en las mismas.

En el 57% de los casos se tiene en las instituciones de 1 a 10 portátiles, en el 13% existen de 10 a 20, en el 3% de los encuestados tiene más de 20, y hay un 27% que no posee (solo un jardín tenía uno, el cual además de utilizarse como herramienta de trabajo, era también de uso personal del docente).

2. ¿Con cuántos computadores de mesa cuenta su institución?

Figura 2: tabulación pregunta 2



Fuente: elaboración propia.

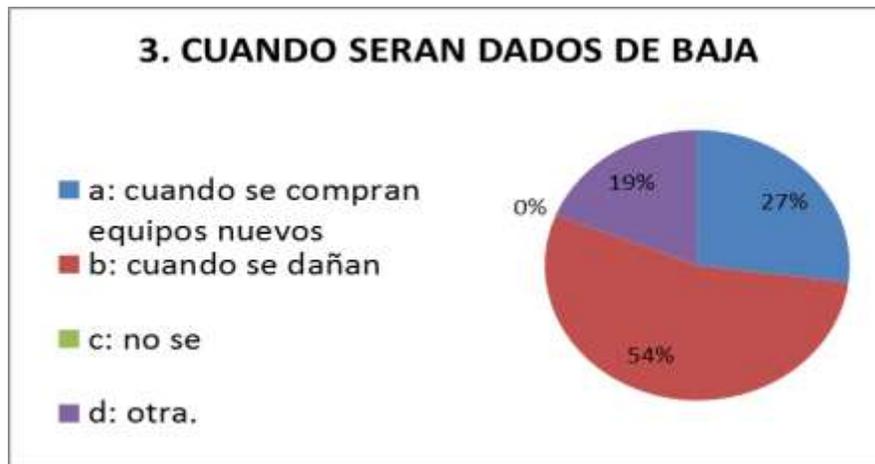
En el 43% de los colegios y jardines se tienen más de 20 computadores de mesa, el 37% tiene de 1 a 10 computadores de mesa y el 20% tiene de 10 a 20 computadores de mesa.

Se puede concluir de acuerdo a lo observado, que son los computadores de mesa los equipos de mayor cantidad comparándolos con los portátiles, de igual manera se puede afirmar que en Colombia existen más computadores de mesa que portátiles.

Al existir más computadores de mesa en las instituciones, se hace más agudo el problema, ya que estos ocupan más espacio debido a que contienen diferentes accesorios (teclado, mouse, monitor, entre otros), por lo tanto cuando se dañan se genera un problema para las instituciones, debido a que tienen que buscar otros lugares para ubicar estos RAEE.

3. Indique cuando serán dados de baja.

Figura 3: tabulación pregunta 3.



Fuente: elaboración propia.

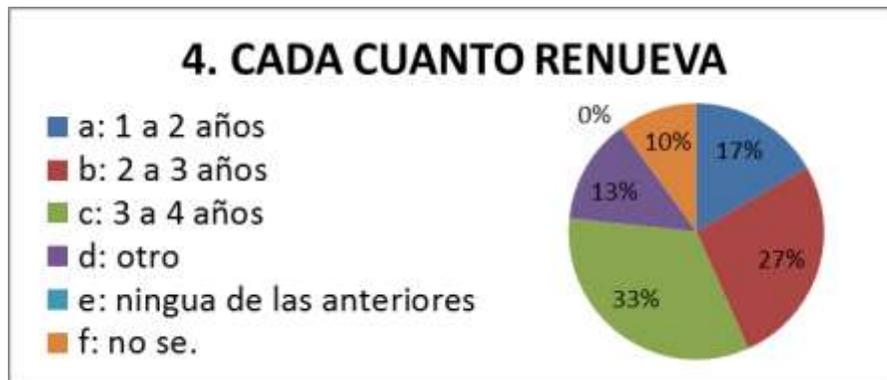
En el 54% de los casos los computadores son y serán dados de baja cuando se dañen, en el 27% cuando se compran equipos nuevos y en el 19% de los casos se le da otro uso, que es: cuando la tecnología es muy obsoleta, cuando hay dinero para renovarlos, cuando reciben donaciones, cuando no se pueden arreglar más; en muy pocos casos se hacen actualizaciones en lugar de desecharlos.

Los equipos a los cuales se les da de baja, generalmente son equipos muy obsoletos, los cuales tienen generalmente un lapso de vida útil más amplio que los computadores más modernos. A pesar de ello, muchas instituciones, cuando los equipos se deterioraban, y no había nada más que hacer con ellos, veían la oportunidad de equipar sus salas con equipos nuevos y eficientes.

Por otro lado, por razones económicas, muchas instituciones optaban por no comprar equipos, sino reutilizarlos y actualizarlos. Medida que resulta financiera y ambientalmente sostenible para los colegios y jardines. Lo anterior, permite minimizar los daños causados al medio ambiente y a la salud de las personas, al evitarles la exposición de las diferentes sustancias peligrosas presentes en estos residuos.

4. ¿Cada cuánto renueva computadores?

Figura 4: tabulación pregunta 4



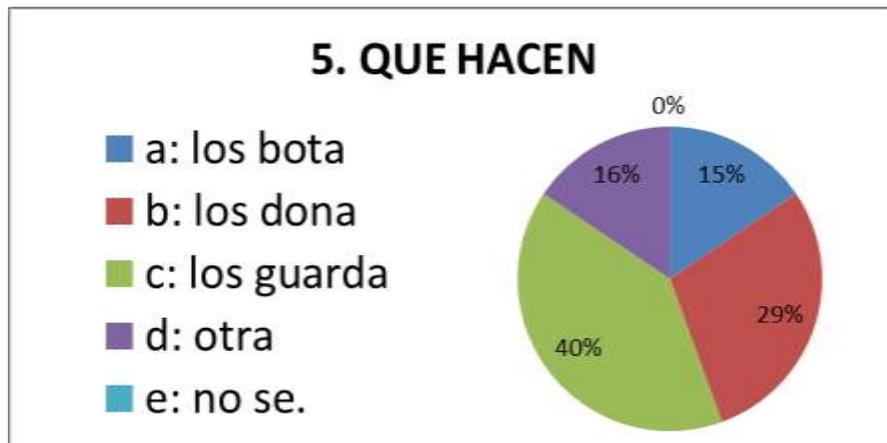
Fuente: elaboración propia.

En el 33% de las instituciones se renuevan computadores de 3 a 4 años, el 27% lo hace de 2 a 3 años, el 17% dice que ninguna de las anteriores, el 13% tiene otra opción, es decir, que renuevan sus equipos cada 5 y 8 años, o no se renuevan porque no está dentro de sus prioridades; por último el 10% no sabe.

Debido al diseño de los últimos computadores del siglo XXI, estos tienen poca durabilidad, por ende las instituciones tienen que estar renovando sus equipos, cada 2 a 3 años, sumando más residuos a la cadena de los RAEE.

5. ¿Qué hacen con los equipos que no utilizan?

Figura 5: tabulación pregunta 5



Fuente: elaboración propia.

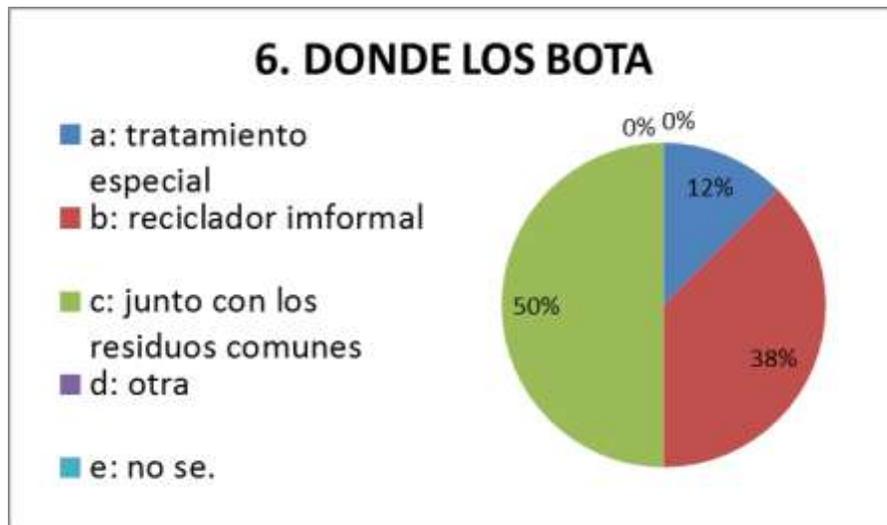
En el 40% de los casos los equipos que no se utilizan se guardan, el 29% se donan, el 16% tiene otras opciones, las cuales son: venderlos por chatarra, regalarlos, venderlos a instituciones, reutilizar partes; en otros casos, se utilizan como material didáctico, otros le devuelven a un distribuidor, otro entrega estos residuos a una planta de reciclaje; por último el 15% no saben qué hacer con los equipos que no se utilizan.

En Colombia y en especial en las instituciones educativas es recurrente almacenar o guardar los equipos en desuso sin darles ningún tratamiento, aún más, cuando estos no se pueden depositar junto con los residuos comunes para posteriormente ser dispuestos en rellenos sanitarios, debido que las empresas de aseo no se encargan de este tipo de desechos, porque son considerados residuos especiales y por ello necesitan un manejo diferente.

En la mayoría de los colegios y jardines, se pudo observar, que era mucho más fácil guardar los equipos además, porque no cuentan con otras alternativas de manejo a estos E-waste.

6. Si los bota, ¿dónde los bota?

Figura 6: tabulación pregunta 6.



Fuente: elaboración propia.

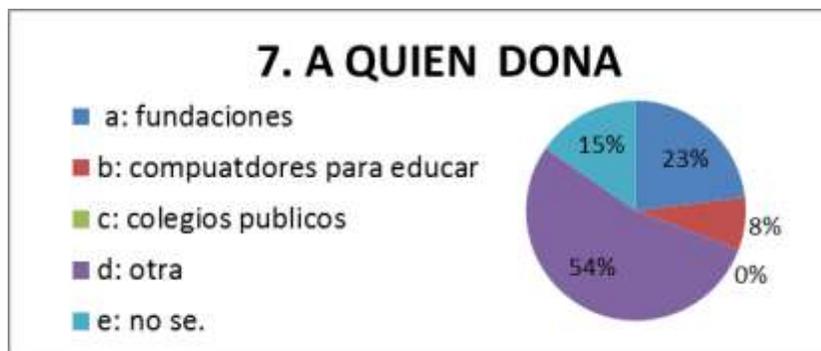
En el 50% de los casos los residuos de computadores que se botan, se desechan junto con los residuos comunes, el 38% los entrega a un reciclador informal y el 12% les da otro uso.

Se observó que los residuos de computadores, en su mayor parte cuando se botan, se desechan junto con los residuos comunes, pero la empresa de aseo no los recoge, a menos que estén sellados en bolsas de basura se los llevan (ya que los empleados de la empresa Atesa S.A. E.S.P. que recogen los residuos de la ciudad de Pereira, no deben abrir estas bolsas). En este caso, los equipos que no se lleve la empresa de aseos son recogidos por recicladores informales que los desarman para sacar sus partes valiosas y las demás desecharlas por partes. (García, 2012) De igual forma muchas instituciones regalan estos residuos a recicladores informales.

Se alcanza a percibir la importancia de generar una alternativa postconsumo de estos equipos en desuso, ya que casi todos estos residuos llegan finalmente a mano de personas que no saben cómo reciclar estos RAEE, causando problemas ambientales, sin ninguna autoridad que esté atenta al tema para controlarlo.

7. Si los dona. ¿a quién se los dona?

Figura 7: tabulación pregunta 7.



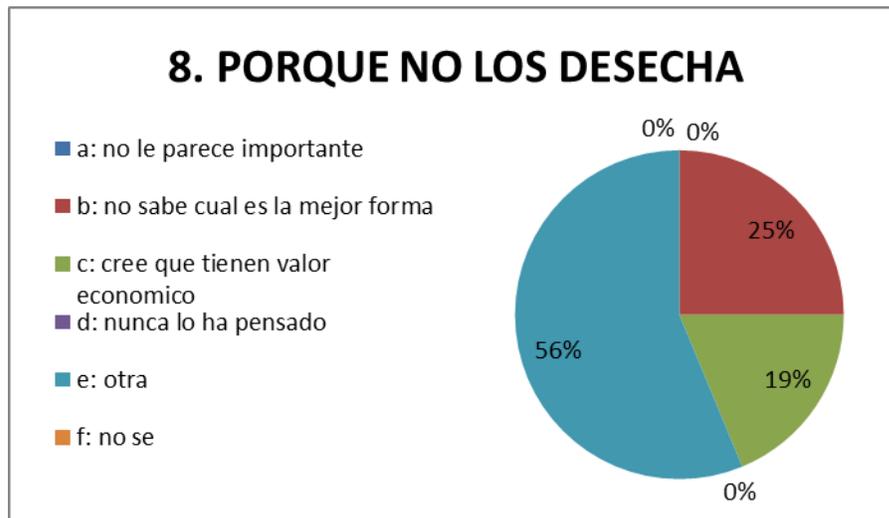
Fuente. Elaboración propia.

En el 23% de los casos cuando los equipos son donados, son entregados a fundaciones, el 15% no saben a quién, el 8% lo hace a computadores para educar, el 54% tiene otra opción, ésta es: entregarlos a empleados del mismo colegio o jardín, a comunidades de bajos recursos y a niños de los barrios cercanos, a sedes pertenecientes a la misma institución, a la iglesia y a personas que los necesiten.

La importancia de esta pregunta, radica en que las instituciones habitualmente que donan sus equipos, están brindando herramientas para el aprendizaje de la población más vulnerable y a su vez, están alargando la vida útil de los computadores.

8. Si guarda los equipos, ¿por qué no los desecha (independientemente de la forma en que se deshaga de ellos)?

Figura 8: tabulación pregunta 8.



Fuente: elaboración propia.

El en 19% de los casos, los colegios y jardines que guardan los equipos, creen que tienen valor económico, el 56% no los desecha porque aplican otra opción, es decir: reutilizan partes para hacer prácticas de ensamble y mantenimiento, otros los guardan y luego los desechan; por último existe un 25% que no saben cuál es la mejor forma de deshacerse de estos residuos electrónicos.

Esto revela que muchos colegios y jardines guardan sus equipos para sacar partes y reutilizarlas, ello con el fin de darle más tiempo de vida a sus computadores de igual forma, se reutilizan para enseñarle a los estudiantes acerca de informática; otros son más conscientes, y los guardan para no causar deterioro en el ambiente; en cambio otros, prefieren acumular varios equipos viejos y luego botarlos en conjunto; para muchos otros, es difícil saber qué hacer con ellos, por lo cual los guardan; y otros consideran que deberían recibir algún dinero a pesar de que ya no sirvan.

Lo dicho anteriormente, demuestra que se debería tomar más consciencia por parte de entes gubernamentales, en especial por el Ministerio de Educación y de Ambiente, ya que son estos, los que deberían brindarle oportunidades a estos colegios y jardines de manejar mejor sus desechos electrónicos.

9. Si guarda los equipos. ¿de qué manera almacena los computadores dados de baja?

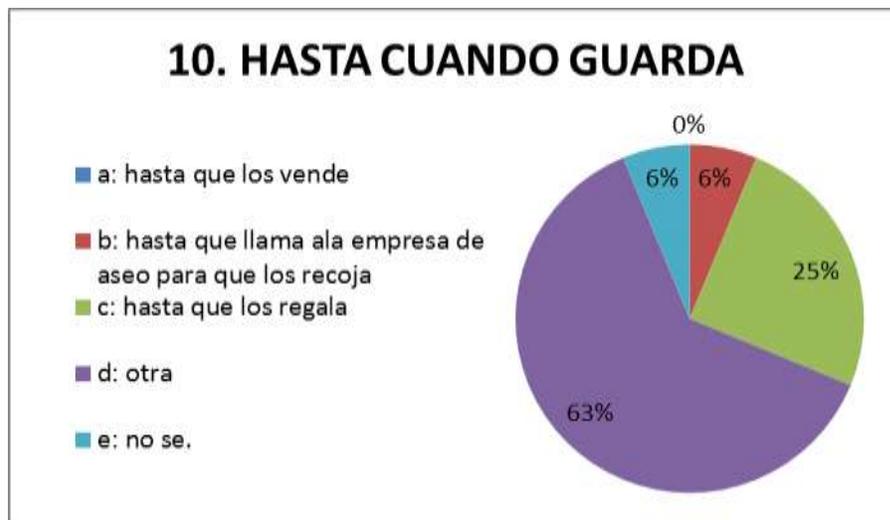
En esta pregunta la respuesta de todos los colegios y jardines fue la misma (almacenamiento adecuado) por ello no se incluyó dentro de las gráficas.

Cuando las instituciones guardan los equipos, estos son almacenados en lugares adecuados (lugares cerrados, con suficiente espacio, y alejados de factores externos, como la lluvia y el sol)

Lo anterior minimiza los impactos que se pueden generar si se disponen a cielo abierto y sin ninguna protección, tales como daños al suelo, contaminación del agua y el aire, daños en la salud de las personas, entre otros.

10. ¿Hasta cuándo los guarda?

Figura 9: tabulación pregunta 10.



Fuente: elaboración propia.

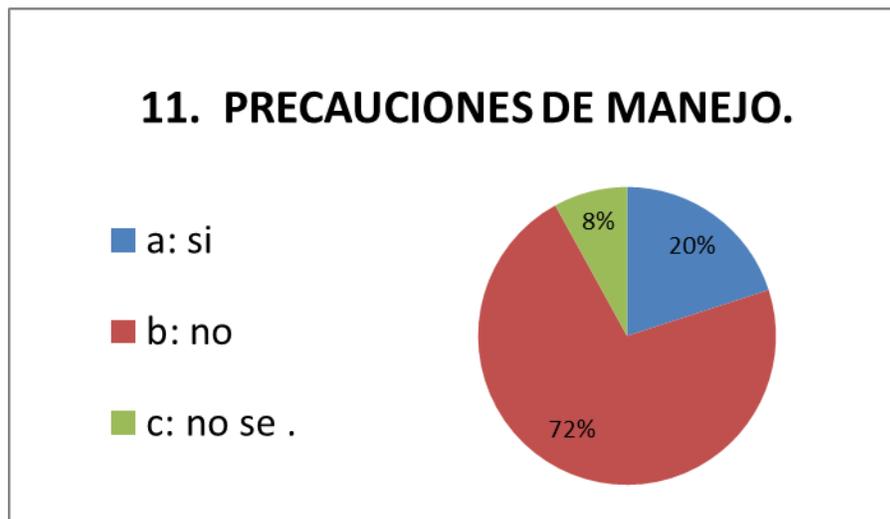
En el 25% de los casos, las instituciones guardan los equipos hasta que los regalan, el 6% llaman a la empresa de aseo para que los recoja, el 63% los guardan dándole otra opción, es decir: los reutilizan, se los dejan a personas que arman equipos nuevos para darle utilidad a cada parte, otros hasta que existe gran cantidad del mismo elemento, algunos se guardan hasta cuando se

consideran que ya no son útiles o aprovechables; por último el 6% no saben hasta cuando se guardan.

Se puede concluir que estas instituciones, guardan sus equipos hasta encontrarles otras opciones que les permita deshacerse de ellos, o les genere algún beneficio. Es a partir de esto, que se evidencia la necesidad de crear medios y herramientas que brinden la oportunidad de hacer algo con ellos como última opción, si ya no se requiere el almacenarlos o reutilizarlos.

11. Toma precauciones para que los que manejan los desechos no sufran problemas de la salud.

Figura 10: tabulación pregunta 11.



Fuente: elaboración propia.

El 72% de los casos, los colegios y jardines no toman precauciones para que las personas que manejan los residuos no tengan problemas en la salud, el 20% si lo hace y el 8% no sabe.

Se percibió que en la mayoría de las instituciones encuestadas, no existen las precauciones necesarias para el tratamiento de estos residuos electrónicos, debido a la falta de información sobre el manejo adecuado de los mismos y también porque consideraban que la seguridad en cuanto al mismo, solo le incumbe a la persona a quien se le donó o regaló el E-waste.

12. ¿Están de acuerdo en ser parte de un proceso que permita el aprovechamiento o reciclaje de los residuos de los computadores de su institución?

En esta pregunta la respuesta de todos los colegios y jardines fue la misma: si están de acuerdo, por ello no se incluye dentro de las gráficas.

Es importante para el desarrollo del presente trabajo, saber la intención de los colegios y jardines de pertenecer en programas para el tratamiento de los residuos de computadores, en especial porque se está tomando conciencia de la problemática ambiental asociada al tema.

13. ¿Están ustedes dispuestos a pagar por el manejo especializado de los residuos de computadores?

Figura 11: tabulación pregunta 13.



Fuente: elaboración propia.

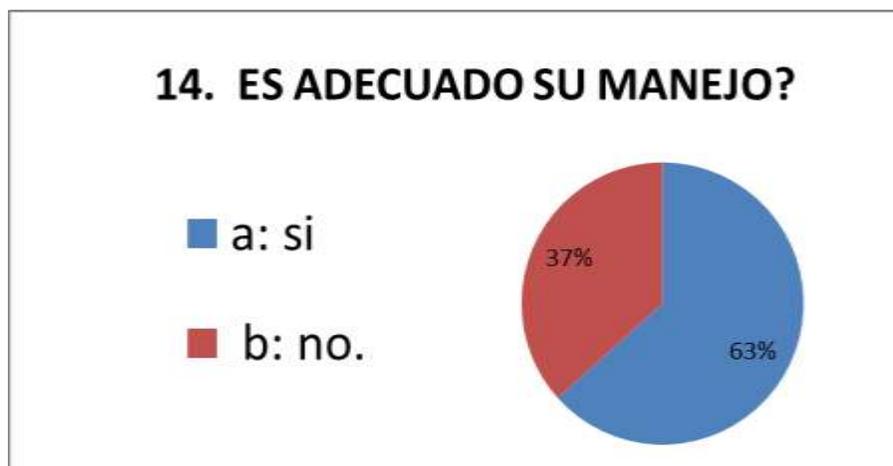
La mitad de las instituciones está de acuerdo en pagar por un manejo especializado de los residuos de computadores (50 %); la otra mitad no está de acuerdo en hacerlo (50%).

La disponibilidad a pagar por un tratamiento ha sido una limitante para llevar a cabo este tipo de procesos, Sin embargo, para efectos de la investigación, resulta importante que la mitad de las instituciones estén dispuestas a ello.

Lo contenido en este documento, brinda herramientas para que los colegios y jardines tengan la posibilidad de acceder a información sobre el tratamiento relacionado a este tipo de residuos.

14. ¿Consideran que el manejo dado actualmente a los residuos de los computadores es adecuado por parte de su institución?

Figura 12: tabulación pregunta 14.



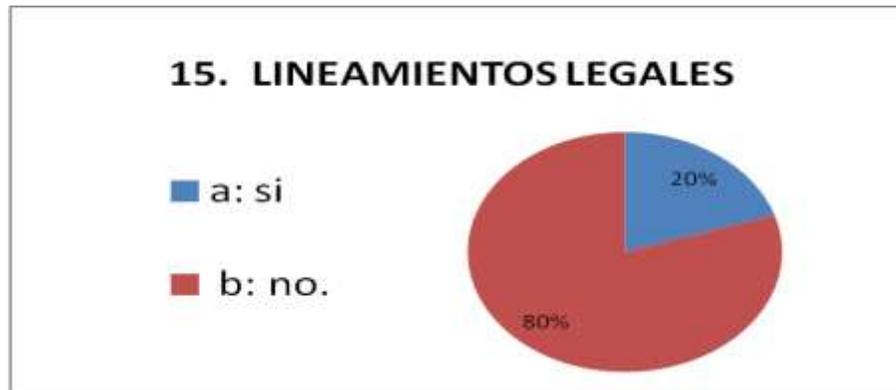
Fuente: elaboración propia.

El 63% de los colegios y jardines consideran que el manejo que actualmente le están dando a sus residuos de computadores es adecuado, el 37% no lo considera así.

Durante el trabajo de campo (encuestas) desarrollado en la presente investigación, las personas encuestadas expresaban la importancia que desde las instituciones educativas se fomente el tema de reciclaje y reutilización y que se empiece a tomar medidas frente a los impactos que se pueden generar por el manejo inadecuado de estos residuos; de hecho, algunas de estas instituciones reutilizan los equipos que tenían en desuso para programas académicos como robótica e informática.

15. ¿Conocen los lineamientos legales (Resolución 1512) asociados al manejo de los residuos de computadores?

Figura 13: tabulación pregunta 15.



Fuente: elaboración propia.

El 80% de las instituciones no conocen los lineamientos legales asociados al manejo de los residuos de computadores, el 20% restante si los conocen, pero más como información que han escuchado, de lo cual no saben el contenido real de las normas.

Como se mencionó anteriormente, el manejo de los RAEE es un tema nuevo y poco se ha difundido en los medios de comunicación, por ende es desconocido para la mayoría de las instituciones, el marco legal relacionado al tema.

## 8. RESULTADOS OBJETIVO 2.

### 8.1 IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS

#### 8.1.1 REDUCCION

##### Ventajas de la alternativa reducción de RAEE

- Evitar los productos de consumo que contengan tóxicos, reduce la exposición de las personas a tales sustancias. (Leonard, 2010)
- Si el mensaje de reducción llega a los productores, es posible persuadirlos de que comiencen a disminuir el contenido las sustancias toxicas, con lo cual también benefician a los trabajadores, a las comunidades y al medio ambiente. (Leonard, 2010)

- Puesto que resulta complicado reemplazar los objetos y sus empaques, entonces es mucho más fácil reducir el consumo. (Lara, 2008)

### **Desventajas de la alternativa reducción de RAEE**

- La gente está acostumbrada a consumir, por tanto el tiempo que tomaría, además del costo de incentivar la reducción, sería muy alto (Leonard, 2010)

## **8.1.2 REUTILIZACION**

### **Ventajas de la alternativa reutilización de RAEE**

- Prolongar la vida útil de los componentes y productos usados, de manera que vuelvan a introducirse en el mercado (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
- Reportan beneficios por la reventa de los productos a precios inferiores que los precios de productos nuevos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
- Se donan computadoras a escuelas que requieren elementos de estudio (Unesco, 2010).
- Se estima que del total de computadores donados, el 70% son aptos para ser reacondicionados (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
- Los programas de robótica educativa consistentes en la elaboración de kits de robótica con fines educativos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
- Reparar y reutilizar se conserva el estado de las unidades y componentes, con lo que se mantiene un valor mayor y el esfuerzo realizado es menor (ACRR, 2003).
- Los aparatos reutilizados, por ser mucho más baratos que los nuevos, permiten a las familias menos favorecidas puedan acceder a bienes que de otro modo, no podrían permitirse con lo que disminuye la exclusión social (ACRR, 2003).
- Dichas actividades ofrecen un trabajo interesante de clasificación, además de formación para mano de obra no calificada o con perspectivas de empleo limitadas (ACRR, 2003).

### **Desventajas de la alternativa reutilización de RAEE**

- La persona común requiere una mayor información y capacitación. Se necesita mayor orientación que no dependan tanto las factibilidades de reuso de las capacidades-habilidades particulares de las personas (Lara, 2008).
- Instruir a las poblaciones sobre formas, principios, procesos, ventajas y complicaciones de reutilizar los objetos y empaques, es una labor prioritaria que debe desarrollarse, la cual requiere de mucho tiempo para llevarse a cabo (Lara, 2008).

### **8.1.3 RECICLADO**

#### **Ventajas de la alternativa reciclado de RAEE**

- Permite recuperar metales o materiales (silicio, plásticos, oro, plata, cobre, etc.) que son cada vez más escasos y cuya obtención, a través de la minería, genera un alto impacto ambiental (Greenpeace, 2011).
- Los precios del oro, cobre, aluminio, entre otros metales tienen un buen precio en el mercado, lo cual hace viable el reciclaje de computadores (Fernández, G, 2007).
- La práctica industrial generalizada sigue siendo el desmontaje a mano, debido a que se minimiza el uso de equipos costosos (ACRR, 2003).
- Se ahorra materia prima en la manufactura de productos nuevos con materiales reciclables. (Autoridad de desperdicios sólidos gobierno de puerto rico, 2011 )
- El reciclado mantiene los materiales en uso, con lo cual reduce la demanda de extracción y producción de materiales nuevos además de evitar, o más exactamente, retardar la transformación de productos en desecho (Leonard, 2010).
- Los procesos de bajo riesgo, como el desmantelamiento manual de RAEE, ofrece buenas oportunidades de empleo para trabajadores de calificación baja o media, si se los capacita adecuadamente y se les da acceso a las tecnologías necesarias (Boeni *et al*, 2008).

#### **Desventajas de la alternativa reciclado de RAEE**

- En las plantas de reciclaje suelen tener problemas económicos para su construcción y mantenimiento, problemas técnicos derivados de la falta de experimentación y de su tecnología inapropiada y problemas estructurales debidos a la inexistencia de una política de recuperación y de reciclaje. Todo ello se traduce en una desmotivación para la instauración de programas de recuperación, siendo finalmente perjudicado el entorno medio ambiental (Pineda, 1998).
- En su mayoría estas empresas no ofrecen un servicio completo, pues prefieren concentrarse en los componentes valiosos, como los paneles de control impresos, descartando un tratamiento final adecuado de componentes como los Tubos de Rayos Catódicos (CRT) u otros componentes de valor económico negativo, pero que implican un daño potencial al medio ambiente o a la salud (Boeni *et al.* 2008).
- Las computadoras son verdaderamente difíciles de reciclar a causa de la densa mezcla de plásticos, metales y vidrio que contienen (Leonard, 2010).
- La logística inversa, esto es, la recolección, transporte, acopio y acondicionamiento de los RAEE, previo a su reciclado resulta sumamente compleja y onerosa, ya que se "mueve" una chatarra que vale menos del 5 % que el aparato nuevo. Además, para algunas piezas o sustancias requiere de costos de transportes especiales de sustancias o residuos peligrosos. (Fernández, G, 2007)

#### **8.1.4 RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR**

##### **Ventajas de la alternativa responsabilidad extendida del productor de RAEE**

- Las políticas de REP son también fuente 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. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)
- las políticas gubernamentales sobre REP hacen que la protección del ambiente sea 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 para establecer

acciones correctivas que mitiguen los impactos perjudiciales de los productos que se colocan en el mercado, considerando el diseño del producto, su fabricación, el uso y manejo de los residuos pos consumo (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

- En éstos casos, se logra una recuperación de más del 80 % de los constituyentes; con algunos de los cuales tienen un importante valor de mercado (Fernández, G, 2007).
- La responsabilidad económica se divide entre en número de responsables incluidos, por tanto reduce costos individuales (Wagner, 2009).
- Esta alternativa se enfoca en el reciclaje responsable de los E-waste, por tanto hace que no se exporten RAEE a países en desarrollo (Wagner, 2009).

#### **Desventajas de la alternativa responsabilidad extendida del productor de RAEE**

- El manejo de la fracción del 5 % de residuos peligrosos de los RAEE es muy costosa (U\$ 1.000 la tonelada), además de requerir procedimientos y procesos especiales (Fernández, G, 2007)
- Resulta complejo la recolección, transporte, acopio y acondicionamiento de los RAEE (Fernández, G, 2007).
- Esta responsabilidad se vuelve compleja, cuando existen equipos sin marcas registradas, debido a que el tratamiento de estos equipos es un gasto de extra. (Wagner, 2009)

### **8.1.5 INCINERACION**

#### **Ventajas de la alternativa incineración de RAEE**

- El metal se puede recuperar tras haber incinerado la mayoría de los materiales combustibles (ACRR, 2003).

- Reduce considerablemente el volumen de los residuos (95%) (Fernández, A, 2007).
- Reduce de forma notable los efectos contaminantes de los RSU (residuos sólidos urbanos) (Fernández, A, 2007).
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero, ya que produce electricidad generando menos cantidad de CO<sub>2</sub> que la combustión de carbón, petróleo o gas, y evita la emisión incontrolada de metano y otros gases procedentes de la descomposición de la fracción biodegradable de los vertidos de residuos (Fernández, A, 2007).
- Reduce las necesidades de importación de combustibles fósiles (Fernández, A, 2007).
- Permite la valorización energética de los RSU, constituyendo de esta forma una fuente de energía alternativa (Fernández, A, 2007).
- La incineración minimiza las cantidades de residuos urbanos, completa estabilización, saneamiento y generación de energía (Zhang *et al.* 2008).

### **Desventajas de la alternativa incineración de RAEE**

- Además de las emisiones gaseosas, en el proceso de incineración se generan una serie de residuos sólidos y líquidos producto de todos aquellos compuestos que no han sido transformados en dióxido de carbono y vapor de agua o que no han sido emitidos por vía chimenea. Se incluyen aquí las escorias recogidos en el fondo de horno, las cenizas volantes que son capturadas en los sistemas de retención de partículas, los productos de los sistemas de depuración húmeda de gases, normalmente fangos, y los lixiviados de residuos de las fosas de almacenamiento y limpieza de instalaciones (Fundaciones MAPFRE, 1994).
- El principal problema de la incineración radica en la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes presentes en los gases producidos durante el proceso de combustión (Fernández, A, 2007).
- Los óptimos de capacidad de tratamiento hacen crecer el tamaño de las instalaciones hasta cientos o decenas de miles de toneladas al año según se trate de residuos urbanos o residuos peligrosos (Fundaciones MAPFRE, 1994).

- La presencia incontrolada de cenizas, fangos, lixiviados o incluso escorias en el medio conlleva un riesgo de liberación de sustancias tóxicas, especialmente de metales pesados (Fundaciones MAPFRE, 1994).
- En incineración sin embargo, es la propia legislación comunitaria la que obliga a utilizar la mejor tecnología disponible, por lo general la más cara, con objeto de conseguir un elevado grado de protección de la salud pública y del medio ambiente. (Fundaciones MAPFRE, 1994)
- La suma de los factores expuestos, desemboca en instalaciones de gran tamaño, complejidad y alta tecnología. (Fundaciones MAPFRE, 1994)
- La ceniza del incinerador es más tóxica que los desechos originales porque los metales pesados (elementos indestructibles) se concentran (Leonard, 2010).

### **8.1.6 DISPOSICION FINAL EN RELLENO DE SEGURIDAD**

#### **Ventajas de la alternativa disposición final en relleno de seguridad de RAEE**

- Un relleno de seguridad está totalmente cerrado, lo cual hace que se controlen lixiviados y emisiones de gases (He *et al.* 2012).

#### **Desventajas de la alternativa disposición final en relleno de seguridad de RAEE**

- Puede generar emisiones de componentes del plomo proveniente de las pantallas de tubos de rayos catódicos (TRC), de las soldaduras, y de otras sustancias peligrosas como el mercurio. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).
- Por muy bien contruidos que estén los rellenos, siempre termina cayendo líquido en el interior de las recamaras (Leonard, 2010).
- Produce líquido lixiviado, tal líquido por sí solo no contamina pero unido con materiales como pilas, plaguicidas, detergentes, pinturas o abrasivos de limpieza a los que ataca, corroe o disuelve, causa accidentes de magnitudes incontrolables cuando el agua lluvia lo arrastra, por lo que la contaminación puede llegar a un cuerpo superficial de agua, al propio mar o a los acuíferos subterráneos, que abastecen a comunidades e industriales (Pineda, 1998).

- Cuando la membrana en un vertedero se rompe, el vertido de lixiviados dará lugar a una contaminación secundaria del suelo circundante y el medio ambiente del agua (He *et al.* 2012).
- Requieren de grandes áreas para la disposición de residuos (Robinson, 2005).
- La polución proviene de los rellenos también en forma de gases repugnantes (Leonard, 2010).
- Son necesarios altos niveles de protección para la operación de un relleno además de los costos y del tiempo que requiere este tipo de tratamientos (Rafizul y Alamgir, 2012).

### **8.1.7 EXPORTACION A OTROS PAISES**

No existen ventajas para esta alternativa, solo desventajas, las cuales son:

#### **Desventajas de la alternativa exportación a otros países de RAEE**

- La exportación de residuos es la transferencia de los costos ambientales, sociales y económicos que los países industrializados pasan a los subdesarrollados aumentando la pobreza y miseria que presentan estos países (Sánchez, 1990).
- Las precarias condiciones de vida de la inmensa mayoría de los países en vía de desarrollo, amenazan agravarse en el corto plazo ante las masivas exportaciones de millones de toneladas de residuos peligrosos provenientes de países industrializados (Sánchez, 1990).
- Hay gran desinformación sobre la cantidad real, frecuencia de estos viajes y destino final de residuos que llegan a países objeto de la contaminación por estos residuos. (Sánchez, 1990)
- Las personas que manejan estos residuos en los países en vía de desarrollo, no cuentan en su mayoría con el conocimiento técnico y las herramientas adecuadas para el manejo de los mismos amenazando su salud y la calidad ambiental (Sánchez, 1990).
- La mayoría de estas exportaciones son de carácter ilegal y sin las restricciones adecuadas de disposición (Sánchez, 1990).

- Al igual que el plomo, el cadmio puede acumularse en el cuerpo a lo largo del tiempo, por lo que la exposición causa a largo plazo daños a los riñones y a la estructura ósea. Se sabe que el cadmio y sus compuestos son cancerígenos para el ser humano, principalmente mediante la inhalación de vapores y partículas de polvo contaminadas (Greenpeace, 2008).
- Las regulaciones ambientales en los países en desarrollo son menos estrictas, causando que el manejo de los RAEE no tenga casi control (Deng, *et al.* 2007).

## **9. RESULTADOS OBJETIVO 3**

### **9.1 METODOLOGIA AHP**

La aplicación de la metodología se basa en el contexto local, debido a que en Colombia no se realiza incineración y exportación de residuos a otros países; por ello solo se seleccionaron las siguientes alternativas a evaluar: responsabilidad extendida del productor, reutilización, reciclaje, reducción y rellenos de seguridad.

Las tablas que se presentan a continuación representan la aplicación de la metodología AHP que fue explicada en el diseño metodológico (objetivo 3, metodología AHP).

**Tabla 3: Matriz de comparación por pares: Subcriterios**

En la siguiente matriz se realiza la comparación entre las diferentes subcriterios a evaluar, asignándoles una calificación a través de la escala de preferencias mencionada en el desarrollo de la metodología:

	Facilidad operativa	Disminución de residuos	Bajos costos en el manejo	Valorización de residuos	Resistencia por parte de los actores involucrados	Generación de empleo	Evita la contaminación ambiental	Permite el ahorre recursos en su desarrollo
Facilidad operativa	1	2	2	2	2	2	3	2
Disminución de residuos	1/2	1	4	6	2	4	2	4
Bajos costos en el manejo	1/2	1/4	1	5	2	4	4	3
Valorización de residuos	1/2	1/6	1/5	1	2	2	2	2
Resistencia por parte de los actores involucrados	1/2	1/2	1/2	1/2	1	4	2	3
Generación de empleo	1/2	1/4	1/4	1/2	1/4	1	2	2
Evita la contaminación ambiental	1/3	1/2	1/4	1/2	1/2	1/2	1	2
Permite el ahorre recursos en su desarrollo	1/2	1/4	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1
<b>TOTALES</b>	<b>4,33</b>	<b>4,92</b>	<b>8,53</b>	<b>16,00</b>	<b>10,08</b>	<b>18,00</b>	<b>16,50</b>	<b>19,00</b>

Tabla 4: Matriz normalizada: subcriterios

La siguiente matriz contiene los resultados obtenidos en la anterior matriz (comparación por pares), para la obtención del Subcriterio más importante en la investigación:

	Facilidad operativa	disminución de residuos	Bajos costos en el manejo	Valorización de residuos	Resistencia por parte de los actores involucrados	Generación de empleo	Evita la contaminación ambiental	Permite el ahorro recursos en su desarrollo	PROMEDIO
Facilidad operativa	0,23	0,41	0,23	0,13	0,20	0,11	0,18	0,11	0,20
disminución de residuos	0,12	0,20	0,47	0,38	0,20	0,22	0,12	0,21	0,24
Bajos costos en el manejo	0,12	0,05	0,12	0,31	0,20	0,22	0,24	0,16	0,18
Valorización de residuos	0,12	0,03	0,02	0,06	0,20	0,11	0,12	0,11	0,10
Resistencia por parte de los actores involucrados	0,12	0,10	0,06	0,03	0,10	0,22	0,12	0,16	0,11
Generación de empleo	0,12	0,05	0,03	0,03	0,02	0,06	0,12	0,11	0,07
Evita la contaminación ambiental	0,08	0,10	0,03	0,03	0,05	0,03	0,06	0,11	0,06
Permite el ahorro recursos en su desarrollo	0,12	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
<b>TOTAL</b>									<b>1,00</b>

Fuente: elaboración propia

**TABLA 5. LANDA MAX subcriterios**

<b>λ Max</b>									
	<b>Facilidad operativa</b>	<b>Disminución de residuos</b>	<b>Bajos costos</b>	<b>Valoración de residuos</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Generación empleo</b>	<b>Evitar contaminación</b>	<b>Ahorro recursos</b>	<b>Suma ponderada</b>
<b>Facilidad operativa</b>	<b>0,20</b>	<b>0,48</b>	<b>0,35</b>	<b>0,19</b>	<b>0,23</b>	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>0,10</b>	<b>1,86</b>
<b>Disminución de residuos</b>	<b>0,10</b>	<b>0,24</b>	<b>0,71</b>	<b>0,58</b>	<b>0,23</b>	<b>0,27</b>	<b>0,12</b>	<b>0,19</b>	<b>2,43</b>
<b>Bajos costos</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>	<b>0,18</b>	<b>0,48</b>	<b>0,23</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>1,70</b>
<b>Valoración de residuos</b>	<b>0,10</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,10</b>	<b>0,23</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,85</b>
<b>Resistencia</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,11</b>	<b>0,27</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>1,00</b>
<b>Generación empleo</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,56</b>
<b>Evitar contaminación</b>	<b>0,07</b>	<b>0,12</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,52</b>
<b>Ahorro recursos</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,42</b>

Fuente: elaboración propia

**TABLA 6. CR (RELACION DE CONSISTENCIA)**

Facilidad operativa	9,34
Disminución de residuos	10,15
Bajos costos	9,58
Valoración de residuos	8,79
Resistencia	8,81
Generación empleo	8,44
Evitar contaminación	8,69
Ahorro recursos	8,74
IA	1,485
Max	9,07
IC (índice de consistencia)	0,15
CR (Relación de Consistencia)	0,10 (menor o igual 0,1 juicio consistente)

Fuente: elaboración propia

### **Matriz de comparación por Pares y matriz normalizada de alternativas**

En las siguientes matrices se realiza la comparación entre las diferentes alternativas a evaluar, asignándoles una calificación a través de la escala de preferencias mencionada en el desarrollo de la metodología. Posteriormente se realizan las matrices normalizadas, las cuales contienen los resultados obtenidos en las anteriores matrices (comparación por pares), para la obtención de la alternativa más importante en la investigación:

**TABLA 7. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES facilidad operativa**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	2	6	6	3
Reutilización	1/2	1	5	6	6
Rellenos de seguridad	1/6	1/5	1	3	2
Responsabilidad extendida del productor	1/6	1/6	1/3	1	2
Reducción	1/3	1/6	1/2	1/2	1
Suma	2,17	3,5	12,8	16,5	14

**TABLA 8. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,46	0,57	0,47	0,36	0,21	<b>0,41</b>
Reutilización	0,23	0,28	0,39	0,36	0,43	<b>0,34</b>
Rellenos de seguridad	0,08	0,06	0,08	0,18	0,14	<b>0,11</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,08	0,05	0,03	0,06	0,14	<b>0,07</b>
Reducción	0,15	0,05	0,04	0,03	0,07	<b>0,07</b>

**TABLA 9.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,41	0,68	0,64	0,42	0,21	2,37
Reutilización	0,21	0,34	0,54	0,42	0,41	1,92
Rellenos de seguridad	0,07	0,07	0,11	0,21	0,14	0,59
Responsabilidad extendida del productor	0,07	0,06	0,04	0,07	0,14	0,37
Reducción	0,14	0,06	0,05	0,04	0,07	0,35

**TABLA 10. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,71
Reutilización	5,65
Rellenos de seguridad	5,53
Responsabilidad extendida del productor	5,22
Reducción	5,15
IA	1,19
Max	<b>5,45</b>
IC (índice de consistencia)	0,11
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,09</b>

**<\_ 0,1 juicio consistente**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 11. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES disminución de residuos**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	2	7	7	3
Reutilización	1/2	1	6	6	3
Rellenos de seguridad	1/7	1/6	1	2	2
Responsabilidad extendida del productor	1/7	1/6	1/2	1	2
Reducción	1/3	1/3	1/2	1/2	1
Suma	2,1	3,7	15	16,5	11

**TABLA 12. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,47	0,55	0,47	0,42	0,27	<b>0,44</b>
Reutilización	0,24	0,27	0,40	0,36	0,27	<b>0,31</b>
Rellenos de seguridad	0,07	0,05	0,07	0,12	0,18	<b>0,10</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,07	0,05	0,03	0,06	0,18	<b>0,08</b>
Reducción	0,16	0,09	0,03	0,03	0,09	<b>0,08</b>

**TABLA 13.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,44	0,62	0,68	0,54	0,24	2,52
Reutilización	0,22	0,31	0,58	0,47	0,24	1,81
Rellenos de seguridad	0,06	0,05	0,10	0,16	0,16	0,53
Responsabilidad extendida del productor	0,06	0,05	0,05	0,08	0,16	0,40
Reducción	0,15	0,10	0,05	0,04	0,08	0,42

**TABLA 14. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,77
Reutilización	5,87
Rellenos de seguridad	5,46
Responsabilidad extendida del productor	5,16
Reducción	5,17
IA	1,19
Max	<b>5,48</b>
IC (índice de consistencia)	0,12
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,10</b>

<\_ 0,1 juicio consistente

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 15. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES bajos costos en el manejo**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	3	6	5	4
Reutilización	1/3	1	6	5	4
Rellenos de seguridad	1/6	1/6	1	2	2
Responsabilidad extendida del productor	1/5	1/5	1/2	1	2
Reducción	1/4	1/4	1/2	1/2	1
Suma	2,0	4,6	14	13,5	13

**TABLA 16. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,51	0,65	0,43	0,37	0,31	<b>0,45</b>
Reutilización	0,17	0,22	0,43	0,37	0,31	<b>0,30</b>
Rellenos de seguridad	0,09	0,04	0,07	0,15	0,15	<b>0,10</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,10	0,04	0,04	0,07	0,15	<b>0,08</b>
Reducción	0,13	0,05	0,04	0,04	0,08	<b>0,07</b>

**TABLA 17.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,45	0,90	0,59	0,41	0,27	2,62
Reutilización	0,15	0,30	0,59	0,41	0,27	1,72
Rellenos de seguridad	0,08	0,05	0,10	0,16	0,13	0,52
Responsabilidad extendida del productor	0,09	0,06	0,05	0,08	0,13	0,41
Reducción	0,11	0,07	0,05	0,04	0,07	0,35

**TABLA 18. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,77
Reutilización	5,75
Rellenos de seguridad	5,26
Responsabilidad extendida del productor	5,06
Reducción	5,20
IA	1,19
Max	<b>5,41</b>
IC (índice de consistencia)	0,10
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,09</b>

**<\_ 0,1 juicio consistente**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 19. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES valorización de residuos**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	8	9	9	8
Reutilización	1/8	1	2	2	2
Rellenos de seguridad	1/9	1/2	1	2	2
Responsabilidad extendida del productor	1/9	1/2	1/2	1	4
Reducción	1/8	1/2	1/2	1/4	1
Suma	1,5	10,5	13	14,3	17

**TABLA 20. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,68	0,76	0,69	0,63	0,47	<b>0,65</b>
Reutilización	0,08	0,10	0,15	0,14	0,12	<b>0,12</b>
Rellenos de seguridad	0,08	0,05	0,08	0,14	0,12	<b>0,09</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,08	0,05	0,04	0,07	0,24	<b>0,09</b>
Reducción	0,08	0,05	0,04	0,02	0,06	<b>0,05</b>

**TABLA 21.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,65	0,95	0,82	0,84	0,40	3,66
Reutilización	0,08	0,12	0,18	0,19	0,10	0,67
Rellenos de seguridad	0,07	0,06	0,09	0,19	0,10	0,51
Responsabilidad extendida del productor	0,07	0,06	0,05	0,09	0,20	0,47
Reducción	0,08	0,06	0,05	0,02	0,05	0,26

**TABLA 22. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,65
Reutilización	5,64
Rellenos de seguridad	5,55
Responsabilidad extendida del productor	5,01
Reducción	5,23
IA	1,19
Max	<b>5,42</b>
IC (índice de consistencia)	0,10
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,09</b>

**<\_ 0,1 juicio consistente**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 23. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES resistencia por parte de los actores involucrados**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	2	7	8	6
Reutilización	1/2	1	7	8	8
Rellenos de seguridad	1/7	1/7	1	4	2
Responsabilidad extendida del productor	1/8	1/8	1/4	1	2
Reducción	1/6	1/8	1/2	1/2	1
Suma	1,9	3,4	15,8	21,5	19

**TABLA 24. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,52	0,59	0,44	0,37	0,32	<b>0,45</b>
Reutilización	0,26	0,29	0,44	0,37	0,42	<b>0,36</b>
Rellenos de seguridad	0,07	0,04	0,06	0,19	0,11	<b>0,09</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,06	0,04	0,02	0,05	0,11	<b>0,05</b>
Reducción	0,09	0,04	0,03	0,02	0,05	<b>0,05</b>

**TABLA 25.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,45	0,72	0,66	0,43	0,28	2,53
Reutilización	0,22	0,36	0,66	0,43	0,37	2,04
Rellenos de seguridad	0,06	0,05	0,09	0,22	0,09	0,52
Responsabilidad extendida del productor	0,06	0,04	0,02	0,05	0,09	0,27
Reducción	0,07	0,04	0,05	0,03	0,05	0,24

**TABLA 26. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,65
Reutilización	5,70
Rellenos de seguridad	5,49
Responsabilidad extendida del productor	5,02
Reducción	5,19
IA	1,188
Max	<b>5,41</b>
IC (índice de consistencia)	0,10
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,09</b>

**<\_ 0,1 juicio consistente**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 27. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES generación de empleo.**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	5	6	4	8
Reutilización	1/5	1	2	3	8
Rellenos de seguridad	1/6	1/2	1	2	6
Responsabilidad extendida del productor	1/4	1/3	1/2	1	6
Reducción	1/8	1/8	1/6	1/6	1
Suma	1,7	7,0	9,7	10,17	29

**TABLA 28. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,57	0,72	0,62	0,39	0,28	<b>0,52</b>
Reutilización	0,11	0,14	0,21	0,30	0,28	<b>0,21</b>
Rellenos de seguridad	0,10	0,07	0,10	0,20	0,21	<b>0,13</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,14	0,05	0,05	0,10	0,21	<b>0,11</b>
Reducción	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	<b>0,03</b>

**TABLA 29.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,52	1,04	0,81	0,44	0,25	3,05
Reutilización	0,10	0,21	0,27	0,33	0,25	1,16
Rellenos de seguridad	0,09	0,10	0,13	0,22	0,19	0,73
Responsabilidad extendida del productor	0,13	0,07	0,07	0,11	0,19	0,56
Reducción	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,16

**TABLA 30. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,91
Reutilización	5,61
Rellenos de seguridad	5,44
Responsabilidad extendida del productor	5,15
Reducción	5,16
IA	1,19
Max	<b>5,45</b>
IC (índice de consistencia)	0,11
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,10</b>

**<\_ 0,1 juicio consistente**

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 31. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES evita la contaminación ambiental**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	2	7	5	3
Reutilización	1/2	1	5	3	2
Rellenos de seguridad	1/7	1/5	1	2	2
Responsabilidad extendida del productor	1/5	1/3	1/2	1	2
Reducción	1/3	1/2	1/2	1/2	1
Suma	2,18	4,03	14	11,5	10

**TABLA 32. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,46	0,50	0,50	0,43	0,30	0,44
Reutilización	0,23	0,25	0,36	0,26	0,20	0,26
Rellenos de seguridad	0,07	0,05	0,07	0,17	0,20	0,11
Responsabilidad extendida del productor	0,09	0,08	0,04	0,09	0,20	0,10
Reducción	0,15	0,12	0,04	0,04	0,10	0,09

**TABLA 33.  $\lambda$  Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,44	0,52	0,78	0,50	0,27	2,51
Reutilización	0,22	0,26	0,56	0,30	0,18	1,52
Rellenos de seguridad	0,06	0,05	0,11	0,20	0,18	0,61
Responsabilidad extendida del productor	0,09	0,09	0,06	0,10	0,18	0,51
Reducción	0,15	0,13	0,06	0,05	0,09	0,47

**TABLA 34. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,74
Reutilización	5,86
Rellenos de seguridad	5,42
Responsabilidad extendida del productor	5,15
Reducción	5,18
IA	1,19
Max	5,47
IC (índice de consistencia)	0,12
CR (Relación de Consistencia)	0,10

< 0,1 juicio consistente

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**TABLA 35. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES permite el ahorro de recursos en su desarrollo**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción
Reciclaje	1	2	7	4	3
Reutilización	1/2	1	5	4	2
Rellenos de seguridad	1/7	1/5	1	2	2
Responsabilidad extendida del productor	1/4	1/4	1/2	1	2
Reducción	1/3	1/2	1/2	1/2	1
Suma	2,23	3,95	14	11,5	10

**TABLA 36. MATRIZ NORMALIZADA**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	PROMEDIO
Reciclaje	0,45	0,51	0,50	0,35	0,30	<b>0,42</b>
Reutilización	0,22	0,25	0,36	0,35	0,20	<b>0,28</b>
Rellenos de seguridad	0,06	0,05	0,07	0,17	0,20	<b>0,11</b>
Responsabilidad extendida del productor	0,11	0,06	0,04	0,09	0,20	<b>0,10</b>
Reducción	0,15	0,13	0,04	0,04	0,10	<b>0,09</b>

1,00

**TABLA 37. λ Max**

	Reciclaje	Reutilización	Rellenos de seguridad	Responsabilidad extendida del productor	Reducción	Suma ponderada
Reciclaje	0,42	0,55	0,78	0,40	0,27	2,43
Reutilización	0,21	0,28	0,56	0,40	0,18	1,63
Rellenos de seguridad	0,06	0,06	0,11	0,20	0,18	0,61
Responsabilidad extendida del productor	0,11	0,07	0,06	0,10	0,18	0,51
Reducción	0,14	0,14	0,06	0,05	0,09	0,48

**TABLA 38. CR (Relación de Consistencia)**

Reciclaje	5,78
Reutilización	5,89
Rellenos de seguridad	5,44
Responsabilidad extendida del productor	5,14
Reducción	5,22
IA	1,19
Max	<b>5,49</b>
IC (índice de consistencia)	0,12
CR (Relación de Consistencia)	<b>0,10</b>

<\_ 0,1 juicio consistente

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**Tabla 39: MEJOR ALTERNATIVA**

ALTERNATIVAS	SUBCRITERIOS								Totales
	Facilidad operativa	Disminución De residuos	Bajos costos en el manejo	Valorización de residuos	Resistencia por parte de los actores	Generación de empleo	Evita la contaminación ambiental	Permite el ahorro de recursos	
Reciclaje	0,08	0,10	0,08	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,46
Reutilización	0,07	0,07	0,05	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01	0,29
Rellenos de seguridad	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10
Responsabilidad extendida del productor	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,08
Reducción	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,07

Fuente: elaboración propia.

## 9.2 ANALISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el desarrollo de los objetivos 1 y 2 de la presente investigación, se logró aplicar la metodología AHP, evaluando de manera cuantitativa y cualitativa las alternativas existentes, y seleccionando la mejor opción a aplicar en los colegios y jardines de la ciudad de Pereira.

En base a la matriz normalizada de subcriterios, se encontró la siguiente jerarquización de alternativas, desde la menos viable hasta la más viable: como última opción aparece la reducción, esta alternativa evita enormemente la contaminación ambiental, debido a que al reducir la cantidad de computadores que se compran, se ahorran recursos naturales, de igual forma se evita la exposición de las personas a sustancias tóxicas, además minimiza el aumento de E-waste en los colegios y jardines, la desventaja de esto, subyace en que cambiar la cultura de las personas resulta complejo y más aun cuando el mercado ofrece variedad e innovación en sus productos.

Como siguiente opción se encuentra la responsabilidad extendida del productor, a pesar de que las empresas que crean los computadores conocen como manejar sus residuos, no es suficiente lo que hacen para minimizar el problema. La siguiente alternativa son los rellenos de seguridad, en la cual lo único que se hace es almacenar los residuos sin darles un tratamiento, en Colombia no existen los suficientes rellenos de seguridad para depositar este tipo de residuos. De allí le sigue la reutilización, esta tiene la ventaja de que al reutilizar los componentes obsoletos en otros computadores, se ahorran recursos, lo cual facilita el manejo de residuos, puesto que son pocos los que se generan, pero no es la más relevante, ya que muchas veces las instituciones no están interesadas en ello.

Por último se encuentra que la alternativa más relevante en este documento, fue el RECICLAJE (ver tabla 39). De igual manera se obtuvo que el Subcriterio más importante a tener en cuenta es la “DISMINUCION DE RESIDUOS” (ver tabla 4), lo que resulta de acuerdo al proceso de reciclaje a debido que al transformar las partes de los equipos se minimiza la acumulación de residuos.

La ventaja de que el resultado final haya sido el reciclaje, es que favorece en gran medida a que no se sigan acumulando equipos en las entidades educativas, debido a que con el tiempo se convierte en un carga para los mismos, lo cual conlleva a que éstos se desechen de manera inadecuada, haciendo más difícil la labor de su buen manejo postconsumo.

Por otro lado, esta alternativa requiere de tiempo para su aplicación, puesto que las personas aun no desarrollan la cultura del reciclaje ni siquiera para los residuos comunes.

Consecutivamente, la aplicabilidad de el reciclaje, demanda grandes costos, puesto que esto requiere: de personal capacitado, de elementos técnicos (video been, computadores entre otros), transporte y demás gastos.

Por otro lado, es necesario generar acuerdos entre el estado y las empresas privadas, con el fin de obtener una sostenibilidad económica para llevar a cabo esta alternativa, para ello se hace indispensable crear leyes que respalden el reciclaje de estos E-waste en las instituciones educativas.

A grandes rasgos, se podrían proponer estrategias que ayuden a que esta alternativa sea tomada de manera positiva por parte de las instituciones educativas, las cuales podrían crear campañas de sensibilización por medios de comunicación (radio, televisión, internet, entre otras). Por otro lado se hace indispensable contar con la asesoría de expertos en el tema, los cuales puedan brindar las herramientas suficientes a estas instituciones, sobre el adecuado manejo de sus residuos por medio el reciclaje.

Por último, la resolución 1512 del 5 de agosto de 2010, mencionada anteriormente, resalta la responsabilidad del productor de hacerse cargos de estos residuos, permitiéndole a los consumidores (en este caso colegios y jardines) devolver sus equipos para un tratamiento adecuado sin ningún costo, lo cual evitaría que estas instituciones tengan que almacenar sus equipos en desuso; además la responsabilidad por parte de estas empresas también es ofrecer un servicio técnico de reciclaje, reutilización y reacondicionamientos de los equipos en desuso, lo anterior indica que se estaría aplicando la alternativa mas importante que este documento dio como resultado, siendo el reciclaje la alternativa más importante seguida de la reutilización. La desventaja de esta norma es que el consumidor no se encuentra informado acerca de la existencia de la misma, por lo tanto no se cumple a cabalidad su aplicación, siendo un instrumento importante para el manejo postconsumo de los residuos de computador.

## 10. CONCLUSIONES

En Colombia no existe la cultura del buen manejo de residuos, especialmente para los RAEE, debido a que este tipo de residuos han aumentado en grandes cantidades, agudizando los problemas ambientales generados por los mismos. El llevar a cabo una solución para estos E-waste tomaría tiempo, recursos tanto económicos como humanos; recursos que algunas entidades no están dispuestos a asumir; sin embargo es importante resaltar que es necesario que los actores (jardines y colegios) se interesen más en este tema y se empiece a trabajar en proyectos que creen cambios, que se puedan reflejar en la cultura, a través de divulgar la información a la sociedad.

De igual forma en el país se tienen herramientas jurídicas como la resolución 1512, que facilita el llevar a cabo un buen manejo postconsumo para los computadores, pero además es clave la participación activa del gobierno, suministrando recursos financieros y apoyo profesional a estas entidades educativas.

Se piensa que la información contenida en este documento permite que las personas se informen de la problemática de los E-waste a nivel global, además de lo que se ha hecho en el país y en el municipio de Pereira, especialmente en el sector educativo.

## 11. RECOMENDACIONES

- Es importante que el apoyo por parte de entes públicos y privados sea más participativo y profundo para la realización de este tipo de investigaciones puesto que ha sido poca la labor efectuada por los mismos.
- El reciclaje, como alternativa seleccionada, para que sea aplicada en diferentes contextos, debería realizarse desde la educación ambiental, de manera que se enseñen y se muestren los beneficios de reciclar los E-waste; por ello se podrían incentivar e implementar campañas ambientales a nivel comunitario, institucional (público y privado), industrial, entre otros; impulsando diferentes estrategias a llevar a cabo.
- Ampliar y generar herramientas para que la información acerca del tema de los RAEE, resulte del interés de la población y las instituciones en general, facilitando su aplicación y agrado frente al tema.
- Se deberían adelantar más estudios acerca del crecimiento y manejo de los E-waste en general, en la ciudad de Pereira; para que se convierta en un tema de especial interés para investigaciones en el municipio permitiendo adquirir conocimientos y herramientas para el manejo de estos residuos a futuro.
- El gobierno debe hacerse responsable y tener el control suficiente respecto a la disposición final de los computadores, dado por parte de colegios y jardines privados, ya que al no tenerse la vigilancia correspondiente, las entidades educativas continuarían manejando de manera inadecuada sus equipos en desuso.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- ACRR (asociación de ciudades y regiones para el reciclaje) en “la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, guía dirigida a autoridades locales y regionales “; Europa, 2003.
- Blaser, F, Rodríguez, S, Y Ott, D; en “Manual Técnico Para El Manejo De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos”; Medellín, Colombia; diciembre, 2008.
- Boeni, H, Ott, D y Silva, U; en “E-Waste Recycling In Latin America: Overview, Challenges And Potential”, Cancún, México, 2008.
- Cárdenas, R, en “Las Responsabilidades Compartidas En La Disposición Final De Los Equipos Electrónicos En Algunos Municipios Del Departamento De Caldas, Vistos Desde La Gestión Del Mantenimiento Y Los Procesos De Gestión De Calidad”, 2009.
- CODECYT (Consejos Departamentales de Ciencia y Tecnología), en “Investigación, Educación e Innovación para la vida digna y la endogenización del desarrollo de los territorios del Departamento de Risaralda con visión de región”, Pereira, diciembre de 2010.
- CRANA (Centro de Recursos Ambientales de Navarra), en “Gestión de RAEE de origen doméstico en Navarra”; Navarra, España, 2010.
- Davis, G y Herat, S, en “Electronic Waste: The Local Government Perspective In Queensland, Australia”, revista: Resources, Conservation and Recycling, vol. 52, pag. 1031, 6 de abril de 2008.
- Deng, W; Leung, A; Luksemburg, W; Luo, Q; Wong, A; Wong, C; Wong, M; en “Export Of Toxic Chemicals E A Review Of The Case Of Uncontrolled Electronic-Waste Recycling”, revista: Environmental Pollution, vol. 149, pag 131, China, 2007
- Directiva Del Parlamento Europeo Y Del Consejo, en “Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos (RAEE)”, 4 de julio de 2012.

- Domínguez, M, en “EL ENEMIGO DEL FUTURO, LA BASURA ELECTRONICA”, Chile, 2011.
- Espinoza, O; Postigo, T; Villar, L y Villaverde, H; en “Diagnóstico del Manejo de los Residuos Electrónicos en el Perú”, 31 de enero de 2008.
- Fernández, A, en “Planta De Incineración De Residuos Sólidos Urbanos Con Tecnología De Parrilla Y Recuperación Energética”; Madrid, España; Septiembre de 2007.
- Fernández, G, en “la cadena de valor de los RAEE, Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, marzo de 2007.
- Fundaciones MAPFRE, en “Implicación Ambiental De La Incineración De Residuos Urbanos, Hospitalarios E Industriales”, ITSEMAP AMBIENTAL, 1994.
- Greenpeace, en “Basura Electrónica”, abril 2011.
- Greenpeace, en “Envenenando La pobreza Residuos Electrónicos En Ghana”, 2008.
- He, x; Li, D; Jiang, Y; Wei, Z; Xi, B y Zhao, G, en “Study on suitability of hazardous wastes entering the landfill directly”, revista: Procedia Environmental Sciences, pag 230, China, 2012.
- Hernández, C; Ott, D; Rodríguez, S y Uribe, L, en “Manejo De Los RAEE a Través Del Sector Informal En Bogotá, Cali Y Barranquilla”, 2010.
- Kumar, D, en “condiciones técnicas y riesgos de la incineración”, Bogotá, 1999.
- Lara, J en “Reducir, Reutilizar, Reciclar”, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México, 2008.
- Lecitra, M, en “Reducir, Reutilizar Y Reciclar: El Problema De Los Residuos Sólidos Urbanos”, 28 de octubre de 2010.
- Leonard, A, en “las historia de las cosas”, Argentina, 2010.

- Lindhqvist, T; Manomaivibool, P y Tojo, N, en “La Responsabilidad Extendida Del Productor En El Contexto Latinoamericano”, Argentina, Septiembre, 2008.
- Marc, J, en “Incineración De Residuos Urbanos En El Siglo XXI. Solución O Problema?”, España, 2009.
- Mendoza, R, en “Investigación Cualitativa Y Cuantitativa Diferencias Y Limitaciones”, Perú, 2006.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia, en “Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos”, diciembre de 2005.
- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, en “Decreto 4741, Prevención Y Manejo De Residuos O Desechos Peligrosos Generados En El Marco De La Gestión Integral”, 30 de diciembre 2005.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia, en “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”, 2008.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en “Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos”, julio de 2010.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en “Resolución 1512 por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones”, de 10 de agosto de 2010.
- Ministerio Del Medio Ambiente Y La Fundación Terram, en “Campaña Para Reciclar Basura Electrónica”, Universia, Chile, 5 de abril de 2012.
- Ministerio de Desarrollo Económico Y Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, en “Decreto 1713 Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del

servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos”, de 7 agosto de 2002.

- Ministerio del medio ambiente, en “Ley 430 por el cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones”, Bogotá, 16 de enero de 1998.
- Ott, D, en “Gestión De Residuos Electrónicos En Colombia, Diagnostico De Computadores Y Teléfonos Celulares”, 2008.
- Ott, D; Wolfensberger, M y Uribe, L, en “Manejo De Los RAEE A Través Del Sector Informal En Medellín”, 2009.
- Pineda, S, en “Manejo Y Disposición De Residuos Sólidos Urbanos”, 1998.
- Procuraduría General De La Nación, Circular No 16, en “Rellenos Y/O Celdas De Seguridad Y Sistemas De Incineración Y Autoclave”, 22 de junio de 2011.
- Ramizul, I y Alamgir, M, en “Characterization and tropical seasonal variation of leachate: Results from landfill lysimeter studied”, revista: waste management, vol. 32, pág. 2080, Bangladesh, enero 23 de 2012.
- Robinson, A, en “Landfill leachate treatment”, revista: Membrane Technology, vol. 6, pag, 6, junio de 2005.
- Roche, H y Vejo, C, en “Métodos Cuantitativos Aplicados A La Administración”, 2005.
- Román, G, en “DIAGNÓSTICO SOBRE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN MÉXICO”, 6 de julio de 2007.
- Sánchez, R; en “Manejo Transfronterizo De Residuos Tóxicos Y Peligrosos: Una Amenaza Para Los Países Del Tercer Mundo”, junio de 1990.
- Sempere, Joaquim, en “Mejor Con Menos,” editorial Critica Barcelona, 2009.
- Shang, H; Lin-Jing, H y Li-Ming, S, en “ Fate Of Heavy Metals During Municipal Solid Waste Incineration In Shangai”, revista: journal of hazardous materials, vol. 152, pag. 365, China, enero 22 de 2008.

- Steubing, B, en “Generación De Residuos Electrónicos En Chile”, julio de 2007.
- Toskano, G, en “el proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores”, Lima, Perú, 2005.
- Tufro, V, en “Destino Final De Los Equipos Electrónicos Obsoletos De ee
- Unesco, en “Los Residuos Electrónicos: Un Desafío Para La Sociedad Del Conocimiento En América Latina Y El Caribe”, 2010.
- Universidad de Cádiz, en “Los Aparatos Eléctricos Y Electrónicos”, Andalucía, España, 2002.
- Villasevil, G, en “La Situación Actual De La Gestión De Los Residuos Eléctricos Y Electrónicos”, 25 de febrero de 2008.
- Wagner, T en “Shared Responsibility For Managing Electronic Waste: A Case Study Of Maine, USA”, revista: Waste Management, vol. 29, pag. 3020 y 3026, 1 de junio de 2009.

### **13. WEBGRAFIA**

- SCRAP.- “¿Quién Se Hará Cargo De La Basura Tecnológica?”. Disponible en internet < <http://www.escrap.com.ar/escrap-articulos-00045.html>> Buenos Aires, Argentina, sin año. [Fecha de acceso: 24 de septiembre de 2012].
- Computadores para educar. Disponible en internet <[http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=227](http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=227)>. Colombia, 2011. [fecha de acceso: 24 de septiembre de 2012]
- Autoridad de desperdicios sólidos gobierno de puerto rico,- disponible en internet <<http://www.ads.gobierno.pr/reciclaje/ventajas.htm>>.Puerto Rico, 2011. [fecha de acceso: 27 de septiembre de 2012].

## **ENTREVISTAS Y ASESORIAS**

- García, C (Coordinador comercial de Emdepsa s.a. e.s.p.), entrevista realizada el día 24 de octubre de 2012 en Pereira.
  
- Serrano, H, profesor de matemáticas de la Universidad Tecnológica de Pereira, asesorías de estadística en el transcurso de los años 2011 y 2012.

## ANEXO I. ENCUESTA

### PREGUNTAS COLEGIOS

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Generalidades de la institución

Tamaño en estudiante: \_\_\_\_\_

Técnica, comercial o académico: \_\_\_\_\_

Estrato de los estudiantes: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

**1.** Con relación a los computadores, ¿con cuántos computadores portátiles cuenta su institución?

- a. 1 a 10    \_
- b. 10 a 20   \_
- c. Más de 20 \_
- d. Ninguno   \_

**2.** ¿Con cuántos computadores de mesa cuenta su institución?

- a. 1 a 10    \_
- b. 10 a 20   \_
- c. Más de 20 \_
- d. Ninguno   \_

**3.** Indique cuando serán dados de baja

- a. cuando se compran equipos nuevos    \_
- b. cuando se dañan                           \_
- c. no sé   \_
- d. otra   \_

¿Cuál?:

---

**4.** ¿Cada cuánto renueva computadores?

- a. 1 a 2 años                                   \_
- b. 2 a 3 años                                   \_

- c. 3 a 4 años —
- d. otro —
- e. ninguna de las anteriores —
- f. no sé —

**5. ¿Qué hacen con los equipos que no utilizan?**

- a. los bota —
  - b. los dona —
  - c. los guarda —
  - d. otra —
- ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e. no sé

**6. Si los bota, ¿dónde los bota?**

- a. tratamiento especial —
  - b. reciclador informal —
  - c. junto con los residuos comunes (relleno sanitario) —
  - d. otra —
- ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e. no sé —

**7. Si los dona, ¿a quién se los dona?**

- a. fundaciones —
  - b. computadores para educar —
  - c. colegios públicos —
  - d. otra —
- ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

e. no sé —

**8.** Si guarda los equipos, ¿Por qué no los desecha (independiente de la forma en que se deshaga de ellos)?

- a. No le parece importante —
- b. no sabe cuál es la mejor forma —
- c. cree que tienen valor económico —
- d. nunca lo ha pensado —
- e. otra —

¿Cuál?: \_\_\_\_\_

—

- f. no sé —

**9.** si guarda los equipos, ¿de que manera almacena los computadores dados de baja?

a. almacenamiento adecuado (en lugares cerrados, con suficiente espacio y alejados de factores externos como la lluvia y el sol.) —

b. almacenamiento inadecuado (en lugares estén expuestos a humedad y factores externos como el sol, la lluvia etc.) —

**10.** ¿hasta cuándo los guarda?

- a. hasta que los vende —
- b. Hasta que llama a la empresa de aseo para que los recoja —
- c. hasta que los regala —
- d. otra —

¿Cuál?: \_\_\_\_\_

—

- e. no sé —

**11.** Toma precauciones para que los que manejan los desechos no sufran problemas de la salud.

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ No Se \_\_\_\_\_

¿Porque?

\_\_\_\_\_

—

**12.** ¿ Están de acuerdo en ser parte de un proceso que permita el aprovechamiento o reciclaje de los residuos de los computadores de su institución?.

a. si \_\_\_\_\_

b. no \_\_\_\_\_

Porque

? \_\_\_\_\_

**13.** ¿Están ustedes dispuestos a pagar por el manejo especializado de los residuos de Computadores?

a. Si \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

Porque

? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**14.** ¿consideran que el manejo dado actualmente a los residuos de los computadores es adecuado por parte de su institución?

a. Si \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

Porque

? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**15.** conocen los lineamientos legales (Resolución 1512) asociados al manejo de los residuos de computadores?

a. Si \_\_\_\_\_

b. No \_\_\_\_\_

## ANEXO II. LISTA COLEGIOS ENCUESTADOS.

<b>Numero</b>	<b>Nombre colegio/jardín</b>
1	El mundo de los niños
2	Fundación CINDES
3	IME ( instituto metropolitano de educación complementaria)
4	Colegio taller san miguel
5	Saint Andrews
6	Liceo samaria
7	Santa rosa de lima
8	Liceo artístico y lúdico Montessori
9	Las Franciscanas
10	Cooperativo de Pereira
11	Las Behelemitas
12	Talentos
13	Colegio bilingüe el poblado
14	Liceo pino verde
15	Gimnasio Pereira
16	San José
17	Abraham Lincoln
18	La Anunciación
19	Sagrados corazones
20	Centro educativo Cristian Michelo
21	La Salle
22	Caritas felices
23	Liceo creativo
24	La rana verde
25	Fundación liceo ingles
26	Creando mi propio mundo
27	Colegio Americano
28	Liceo Merani
28	Colegio militar Rafael Reyes
30	Liceo estímulos.

**ANEXO III: FOTOS DE COMPUTADORES ALMACENADOS EN LAS INSTITUCIONES VISITADAS**



Foto 1. Fuente propia



Foto 2. Fuente propia



Foto 3. Fuente propia



Foto 4. Fuente propia



Foto 5. Fuente propia



foto 6. Fuente propia



Foto 7. Fuente propia



foto 8. Fuente propia



Foto 9. Fuente propia



Foto 10. Fuente propia



Foto 11. Fuente propia



Foto 12. Fuente propia



Foto 13. Fuente propia



Foto 14. Fuente propia



Foto 15. Fuente propia