



## TÍTULO

**ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA PROPONER UN PROYECTO PILOTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS (COLOMBIA), BASADO EN EL SISTEMA DE GESTIÓN ESPAÑOL**

## AUTOR

**Alejandro Villarreal Gómez**

**Esta edición electrónica ha sido realizada en 2014**

Directores	Dr. Benito de la Morena Carretero ; Dr. Leonardo Díaz Pineda
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad de Huelva
Curso	<i>Máster Oficial en Tecnología Ambiental</i>
ISBN	978-84-7993-809-3
©	Alejandro Villarreal Gómez
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2011



## Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

### Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

### Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
  
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*



***Estudio de Viabilidad para Proponer un Proyecto Piloto de Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos en el Distrito de Cartagena de Indias (Colombia), basado en El Sistema de Gestión Español.***

**ALEJANDRO VILLARREAL GOMEZ**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCIA**

**UNIVERSIDAD DE HUELVA**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**ESPAÑA**

**CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA**

**NOVIEMBRE DE 2011**

***Estudio de Viabilidad para Proponer un Proyecto Piloto de Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos en el Distrito de Cartagena de Indias (Colombia), basado en El Sistema de Gestión Español.***

**ALEJANDRO VILLARREAL GOMEZ**

Trabajo de Investigación para optar al título:

**Máster en Tecnología Ambiental**

**Directores del TI**

**Dr. Benito de la Morena Carretero**

**Dr. Leonardo Díaz Pineda**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCIA**

**UNIVERSIDAD DE HUELVA**

**ESPAÑA**

**Facultad de Ciencias Experimentales**

**Cartagena de Indias, Colombia**

**Noviembre de 2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico mis grandes agradecimientos en primera instancia a Dios por brindarme el bienestar para lograr esta meta en mi proyecto de vida. Asimismo a todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional con sus conocimientos e información.

Dedico a mi familia madre, esposa y hermanos por el apoyo constante durante mi permanencia en España y la paciencia que tuvieron ante mi ausencia.

A Carlos Meñaca Guerrero, quien me brindo toda la información necesaria para cursar esta Maestría, así mismo al Doctorando en Gestión de Recursos Naturales, Edilbert Torreglosa por sus aportes a este trabajo.

A mis Directores de la investigación por su apoyo incondicional, los Doctores: Benito de La Morena, siempre dispuesto e incondicional en la búsqueda y entrega permanente de información y contactos para este proyecto, entre quienes destacamos muy especialmente al Dr. Leonardo Díaz, quien desde su posición como gerente de la empresa RECILEC hizo posible conocer de cerca los procesos internos de la misma, igualmente agradezco su amable gentileza y atención.

Finalmente quiero de manera especial agradecer también a todo el cuerpo de excelentes profesores del Máster que dieron lo mejor en este proceso de construcción y fortalecimiento de nuevos conocimientos.

## RESUMEN

La obsolescencia programada, el crecimiento y desarrollo económico de los países son los grandes generadores de una problemática casi incontrolable: *la generación de residuos eléctricos y electrónicos*, lo cual para los países en vías de desarrollo es el mayor problema ambiental al que se ven enfrentados. Para el caso Latinoamericano el panorama es pobre en materia de legislación para la Gestión de RAEE, salvo algunos países como Argentina y Costa Rica que ya cuentan con Leyes al respecto. En el caso de Colombia está ad portas para la aprobación de la Ley, mientras tanto ciudades principales como Cartagena de Indias producen toneladas de RAEE que van a parar al relleno sanitario, botaderos a cielo abierto o sus ecosistemas internos. El objetivo de este proyecto es proponer un sistema de gestión para los RAEE en Cartagena de Indias con inclusión de las cooperativas existentes de aseo urbano en la ciudad, de manera que sean parte fundamental en la dinámica del ciclo del distribuidor-consumidor-gestor. Este proyecto piloto fija sus bases en los *7 Pilares del sistema de gestión de RAEE de Bornand* y en el concepto de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) planteado por Lindhqvist (2000), de manera que a partir de la experiencia de sistemas de gestión como el Español, se puedan plantear y adoptar algunos elementos como la dinámica de la gestión de RAEE entre el consumidor final, el sector industrial e institucional y el gestor, así mismo las diferentes formas de tratamiento de los RAEE en planta. De otra parte, conocer el rol de los sistemas integrados de gestión (SIG) y su esquema de operatividad. Todo ello permitirá desarrollar un esquema general de gestión en la ciudad de Cartagena de Indias desde su propio contexto socioeconómico, cultural y ambiental con gran participación de los sectores de la llamada economía informal y la inclusión de las cooperativas que para el tema de residuos existan en la ciudad.

El modelo propuesto entonces plantea la inclusión de cooperativas del sector para que mediante esquemas de ecotrailers realicen la labor de origen domiciliario y algún sector institucional, que sean estas cooperativas quienes en centros de almacenamiento temporal y transferencia, esto es servicio técnico, le den recuperación y vuelvan a la vida útil y pongan en el mercado aparatos remanufacturados, lo que se traducirá en una gestión eficiente de los residuos electrónicos y eléctricos y por ende darle el carácter de inclusión productiva a un sector excluido como el de la economía informal de RAEE.

**Palabras Claves:** sistema de gestión; residuos eléctricos y electrónicos; inclusión social; participación ciudadana; responsabilidad extendida del productor.

## CONTENIDO

INTRODUCCION .....	14
2. BREVE DESCRIPCION DEL ESTADO DEL ARTE .....	15
2.1 Residuos en el Mundo.....	15
2.2 En Latinoamérica.....	15
2.3 En Colombia.....	16
2.3.1 Algunos Resultados de los Diagnósticos.....	18
<i>Grafico 1: Residuos de computadoras 1998 proyección hasta 2013.....</i>	18
2.4 Planteamiento del problema .....	21
3. OBJETIVOS .....	22
3.1 General.....	22
3.2 Específicos:.....	22
4. MATERIALES Y METODOS .....	22
4.1 Recopilación de Información. ....	22
4.2 Visitas Técnicas .....	24
4.3 Uso de Herramientas Tecnológicas y de Cálculo.....	24
5. MARCO NORMATIVO COLOMBIANO .....	26
5.1. Matriz Normativa Residuos Peligrosos.....	26
5.2 Legislación sobre la gestión de RAEE.....	28
5.3. Diagrama del Sistema de Recogida Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos Eléctricos y Electrónicos .....	28
6. EL MODELO ESPAÑOL DE GESTIÓN DE RAEE.....	30
6.1. El Contexto Normativo .....	30
6.2. Concepto de RAEE.....	31
6.3. Clasificación .....	32

6.4. Responsabilidad Extendida del Productor (REP) .....	33
6.5. El Origen de los RAEE .....	35
6.6. La Organización de Los Sistemas Integrados de Gestión (SIG).....	35
6.7. Los Gestores de RAEE; Caso Empresa RECILEC de Sevilla, España. ....	36
7. PRINCIPALES LÍNEAS DE PROCESOS.....	38
7.1 Línea Blanca .....	38
7.2 Línea de Monitores.....	39
7.3 Línea de Lámparas Compactas y Fluorescentes .....	41
8. EL PROYECTO PILOTO DE GESTIÓN DE RAEE PARA CARTAGENA DE INDIAS.....	43
8.1 División Político Administrativa.....	43
8.2 Distribución del Territorio .....	45
8.3 Distribución Hogares e Instituciones.....	46
8.4 Población.....	46
8.5 Contexto Socioeconómico .....	47
8.7 Norma de Uso del Suelo .....	50
9. EL MODELO OPERATIVO DEL PROYECTO PILOTO.....	50
9.1 Sistema de Gestión de RAEE.....	50
9.2 Cantidades y Sistema Actual.....	52
9.3 Retoma, Recolección y Reciclaje.....	52
9.4 Organización y Responsables.....	52
9.5. Diagrama del Sistema Propuesto.....	53
9.6. Operatividad del Sistema.....	55
9.7. Estimación del Potencial de RAEE mediante el método de Ökopol.....	58
10. LA GESTION DE RESIDUOS DE ORIGEN DOMICILIARIO .....	61
10.1 Retoma, Recolección y Reciclaje.....	61
10.2 Puntos Comunitarios de e-waste-“ECOTRAILER” .....	62



10.3 Centros Locales de Almacenamiento Temporal y Transferencia de e-waste-CLAT.....	65
10.4 La sensibilización del público, estrategias de divulgación .....	67
10.5 Trazabilidad del Residuo.....	67
10.6 Organización y Responsables.....	68
11. LA GESTION DE RESIDUOS DE ORIGEN PROFESIONAL .....	68
11.1. El Gestor de RAEE.....	68
11.2. Tecnologías en la Planta de Tratamiento.....	69
12. ESTIMACIONES FINANCIERAS EN EL PROYECTO .....	71
13. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES BASADOS EN EL MODELO FPEIR (FUERZAS MOTRICES – PRESIÓN – ESTADO– IMPACTO – RESPUESTA) .....	77
CONCLUSIONES .....	80
RECOMENDACIONES .....	81
LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACION.....	81
REFERENCIAS.....	82

## ABREVIATURAS

AEE: Aparatos Electricos y Electrónicos

AEMA: Agencia Europea para el Medio Ambiente

CAT: Centro de Almacenamiento Temporal, abreviatura usada en el sistema de gestión Español.

CCS: Compact Crush and Separation Plant, tecnología usada en el tratamiento de lámparas fluorescentes.

CARDIQUE: Corporación Autónoma Regional del Dique. Bolívar, Colombia.

CLAT: Centros de Almacenamiento Temporal y Transferencia, abreviatura definida para el modelo en Cartagena de Indias.

ECOTRAILER: Nombre del el vehículo diseñado para la gestión de residuos en las Unidades Comuneras de Gobierno del Distrito de Cartagena de Indias.

EMPA: Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías

EPA: Establecimiento Publico Ambiental. Cartagena de Indias, Colombia.

FPEIR: Fuerza Motriz, presión, estado, Respuesta, Impacto. Modelo para definir indicadores ambientales.

JAC: Junta de Acción Comunal, ente orientador del desarrollo local en pequeños territorios en las unidades comunera de gobierno, elegidos democráticamente por sus comunidades.

LCD: Pantallas de Cristal Liquido, usada en los televisores de última tecnología.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PRAES: Programas Ambientales Escolares, son programas obligatorios en las instituciones d educación media que bien pueden articularse con el proceso de gestión de RAEE por parte de las cooperativas

RAEE: Residuos de Aparatos Electricos y Electrónicos

REP: Responsabilidad Extendida del Productor. Política Ambiental base para la gestión de residuos eléctricos y electrónicos.

RESPEL: Denominación dada en Colombia a los residuos peligrosos

SIG: Sistema de Gestión Ambiental, Organización de los productores y Gestores de los residuos eléctricos y electrónicos en España.

SHAPE: Formato de archivos utilizados en cartografía.

TRC: Tubo de Rayos Catódicos, parte importante de la pantalla de los televisores convencionales.

UCG: Unidad Comunera de Gobierno. Pequeña unidad territorial que está conformada por varios sectores o barrios.

WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment

## LISTA DE DIAGRAMAS

	<b>Pág.</b>
Diagrama 1. Actividades del Proyecto de Investigación	25
Diagrama 2. <i>Interpretación de la Estructura Básica del Minambiente frente a la Gestión de RAEE</i>	29
Diagrama 3. Ciclo físico del Residuo	37
Diagrama 4. Línea de Tratamiento de Aparatos con Gases Refrigerantes	38
Diagrama 5. Línea de Tratamiento de Monitores y Pantallas	40
Diagrama 6. Línea de Tratamiento de Lámparas Compactas y Fluorescentes	42
Diagrama 7. Modelo propuesto para el ciclo del RAEE	55
Diagrama 8. Trazabilidad del Residuo	67
Diagrama 9. Modelo Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta	78

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
Grafico 1: Residuos de computadoras 1998 proyección hasta 2013	18
Grafico 2. Computadores entregados a sedes educativas.	20
Grafico 3. Instituciones educativas públicas beneficiadas	20
Grafico 4. Promedio de personas por hogar en Cartagena	47
Grafico 5. Hogares con teléfono celular	48
Grafico 6. Bienes que posee el hogar.	49
Grafico 7. Bienes que posee el hogar	49
Grafico 8. Los 7 Pilares de un sistema de gestión de RAEE	51
Gráfico 9. Distribución Hotelera por categoría en Cartagena de Indias	57
Grafico 10. Distribución Comercial por Actividad en Cartagena de Indias	57
Grafico 11. Modelo del ECOTRAILER a utilizar en el proceso.	62

## LISTA DE MAPAS

	<b>Pág.</b>
Mapa 1.Division Política del Distrito de Cartagena de Indias- Identificación de Localidades	44
Mapa 2. Identificación de Unidades Comuneras de Gobierno y sus vías de Interconexión	64
Mapa 3. Ubicación de Centros Locales de Almacenamiento Temporal y Transferencia	66

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Resumen de normas en materia de residuos peligrosos	27
Tabla 2. Matriz de Normativa de Aplicación sobre RAEE en España.	30
Tabla 3. Definiciones de RAEE	32
Tabla 4. Clasificación de RAEE	33
Tabla 5. Esquema de responsabilidad bajo REP	34
Tabla 6. Fracciones Valorizables Línea Blanca	39
Tabla 7. Fracciones Valorizables Monitores y Pantallas	41
Tabla 8. Fracciones Valorizables Lámparas Compactas y Fluorescentes	43
Tabla 9. Distribución del Territorio.	45
Tabla 10. Vivienda, Hogares y Personas en Cartagena	46
Tabla 11. Vida útil y peso promedio de algunos electrodomésticos	59
Tabla 12. Calculo producción de residuos por Localidad	60
Tabla 13. Propuesta de distribución de Ecotrailer y CLAT por Localidad.	61
Tabla 14. Precios de Mercado por Tonelada Métrica	71
Tabla 15. (1,2 y 3). Estructura de Gastos e Inversiones	73
Tabla 16. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10). Proyecciones Financieras del Proyecto	76
Tabla 17. Grupo de indicadores propuestos de acuerdo al modelo	79

## INTRODUCCION

El proceso acelerado que impone el modelo económico del mercado de productos electrónicos, la llamada globalización de las economías, junto a la estrategia de obsolescencia programada y las dinámicas de recambio tecnológico por parte de las industrias de tecnologías de la comunicación e información, ha dado origen a un nuevo problema social y ambiental: el manejo adecuado y control de las toneladas crecientes de residuos de aparatos eléctricos y componentes electrónicos obsoletos. Con ello, la inadecuada disposición final y mal manejo de los mismos (relleno sanitario, incineración, procesos de reciclaje informales o artesanales), estos productos obsoletos se convierten en residuos potencialmente peligrosos y de alto impacto al medio ambiente y la salud humana debido a la presencia de algunos elementos tóxicos en su composición. Este problema se incrementa con el agravante del poco compromiso del principio de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), lo que frena la posibilidad de adoptar soluciones que incorporen este principio a una adecuada gestión de RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos).

En consecuencia a lo antes expuesto, se pretende con esta investigación presentar un Proyecto Piloto de Gestión de RAEE para Cartagena de Indias, Colombia, basado en el Sistema de Gestión de RAEE en España y la experiencia de la empresa Española RECILEC S.A. Para ello se abordará en un primer momento una visita a la empresa RECILEC con el objeto de conocer sus procesos, normas que le aplica y formas de gestionar y disponer los residuos una vez tratados. En un segundo momento, identificar el marco normativo de Colombia y el estado de avances en materia legislativa de residuos eléctricos y electrónicos. Seguidamente hacer una descripción socioeconómica y del territorio de la ciudad de Cartagena de Indias, conocer los procesos de gestión en residuos eléctricos y electrónicos, conocer el sector cooperativo y el desarrollo de actividades en estos temas, de manera que se constituyan en soporte fundamental para el proceso y sean parte del modelo piloto propuesto. Otro aspecto es, indagar sobre el sector comercial, industrial y hotelero. Finalmente a partir de todos estos elementos y con el conocimiento de cómo funciona el Sistema Español en el manejo de los RAEE y la búsqueda en base de datos de modelos y diagnósticos sobre el tema, hechos en Colombia y el mundo, entonces, diseñar la propuesta piloto de gestión de RAEE para Cartagena de Indias.



## **2. BREVE DESCRIPCION DEL ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Residuos en el Mundo**

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

### **2.2 En Latinoamérica**

En el amplio estudio sobre la gestión de RAEE en Latinoamérica Silva (2010a), este afirma que actualmente no hay país en Latinoamérica que tenga un sistema de gestión de residuos electrónico de forma integral y, que en la mayoría de los casos, los que se han hecho cargo de los RAEE son los proyectos de reacondicionamiento que promueven su reuso. También afirma que los sectores informales, es decir, aquellos que no son oficiales, han extendido la recolección de residuos sólidos a RAEE, principalmente de los desechos domiciliarios. En Latinoamérica la industria del reciclaje informal crece de manera acelerada como una forma de autoempleo y generación de ingresos para miles de familias, lo que se ha convertido en una industria manual de desmontaje y procesos rutinarios de extracción de materiales de cobre, plata y oro, mediante la quema de cables, y la refinación de las placas electrónicas con ácidos. Lo anterior se traduce en un problema adicional para estos países al estar tratándose elementos tóxicos y peligrosos sin control, sin tratamiento especial, lo cual pone en riesgo cualquier posibilidad de crear adecuados sistemas de gestión para ellos. Según el informe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente(PNUMA, 2008), los componentes de oro, plata, cobre, paladio y cobalto procesados en las computadoras vendidas tenían un valor de 3,7 billones de dólares. Bajo estas consideraciones, PNUMA (2008) define como objetivos principales del reciclaje de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), tratar las fracciones peligrosas de manera ambientalmente segura, maximizar la recuperación del material valioso,

crear modelos de negocio ecoeficientes y sostenibles, tener en cuenta el impacto social y el contexto local.

Según (Silva, 2010b) "La indefinición sobre las posibilidades de rentabilidad, la imprecisión sobre las responsabilidades de los actores involucrados, la ausencia de criterios definidos de control sobre el correcto destino de los elementos tóxicos y la dependencia de la rentabilidad en la recuperación de los metales de mayor valor en los mercados internacionales, son los elementos que complejizan las condiciones de negocio en Latinoamérica y por ende, el retraso de la creación de un sistema de gestión de los equipos electrónicos".

El desafío entonces para Latinoamérica es lograr implementar un Sistema Integral de Gestión para los Residuos Electrónicos, fundamentado en un marco legal que garantice procesos sustentables, responsables y ambientalmente seguros. En este sentido, cabe resaltar la labor de países como Argentina, que acaba de aprobar la Ley de RAEE en diciembre de 2010. Colombia que tiene su proyecto de ley en segundo debate en el Congreso de la República hasta el mes de mayo de 2011. Costa Rica que ha sido uno de los países pioneros en desarrollar una propuesta a través del Proyecto de Ley de Gestión Integral de Residuos. En Brasil, tres departamentos ya tienen una ley marco que impone la responsabilidad extendida para los residuos tecnológicos, y otros departamentos están discutiendo propuestas similares. Otros países como Chile y Perú, que buscan integrar e involucrar a todos los actores posibles relacionados con la implementación de un sistema de RAEE, es decir, relacionar todos los contextos sociales, económicos y ambientales alrededor del proyecto. Dichos proyectos legislativos se basan en el principio de la responsabilidad extendida del productor REP<sup>1</sup>. Es importante anotar que todos estos países han hecho estudios y caracterizaciones de producción de este tipo de residuos, que han hecho posible plantear iniciativas de sistemas de gestión de RAEE.

### **2.3 En Colombia**

Colombia posee una de la legislaciones ambientales más antiguas de Latinoamérica en materia de protección al medio ambiente, tal es el caso del código de Recursos Naturales que mediante Decreto-Ley emitido en el año 1974, el cual entre otros apartes, señala en el artículo 38 que, "por razón del volumen o de la cantidad de los residuos o

---

<sup>1</sup> Según la OCDE (2001) REP es un enfoque de política ambiental en el cual la responsabilidad del productor por un producto se extiende hasta el fin del ciclo de vida del producto.

desechos, se podrá imponer a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso”. Lo anterior nos indica claramente que el Estado Colombiano estaba en mora de establecer un sistema de gestión que le diera cumplimiento al artículo en mención. De manera que con la iniciativa del proyecto de Ley 273 de 2009, se inicia el debate para la implementación en Colombia de los lineamientos para una política pública nacional de residuos eléctricos y electrónicos RAEE, dicho proyecto tiene por objeto establecer los lineamientos para la elaboración de una política pública nacional que regule la clasificación, la producción, la comercialización, el tratamiento, el reciclaje y la disposición final de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE- generados en el territorio nacional. Así como establecer las responsabilidades extendidas del importador, productor, comercializador y generador de los Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos RAEE. Como preámbulos a la aprobación de la Ley, el ministerio de medio ambiente ha emitido resoluciones que fortalecerán el sistema una vez esta sea aprobada, ellas son: La resolución 1512 del 5 de agosto de 2010, por medio de la cual “se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones”. La resolución 1297 del 8 de julio de 2010, por medio de la cual “se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones”. Y, la resolución 1511 del 5 de agosto de 2010, por medio de la cual “se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de bombillas y se adoptan otras disposiciones”.

El desarrollo de estudios diagnósticos sobre la caracterización de RAEE en Colombia, específicamente de computadores, electrodomésticos y teléfonos móviles, así como la asociatividad de grupos de empresa con actividades afines han sido los soportes para proponer la implementación de Sistemas de Gestión en cumplimiento de las resoluciones mencionadas. De igual manera la creación de una Coordinación Nacional de RAEE.

En cuanto a los diagnósticos en mención se destacan los de Daniel Ott (2008), sobre computadores y móviles, investigación realizada con el Centro Nacional de Producción más Limpia(CNPML) y el Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA); así mismo, el diagnostico sobre electrodomésticos de Fabián Blaser(2009), con los mismos organismos citados.

### 2.3.1 Algunos Resultados de los Diagnósticos

En Colombia las cifras de ventas de computadores se han incrementado entre los años 2005 y 2007, con cifras que oscilan en 2 millones de computadores, lo que representa aproximadamente el 60% de la base instalada, que para el 2007 se estimaron en 3.2 millones de computadores, (Ott, 2008). Con base en estas cifras, en el estudio se estimó que para el año 2007 se debieron haber producido alrededor de 6000 a 9000 toneladas de residuos de computadoras, lo que promedia 0.1 y 0.15 kg per cápita.

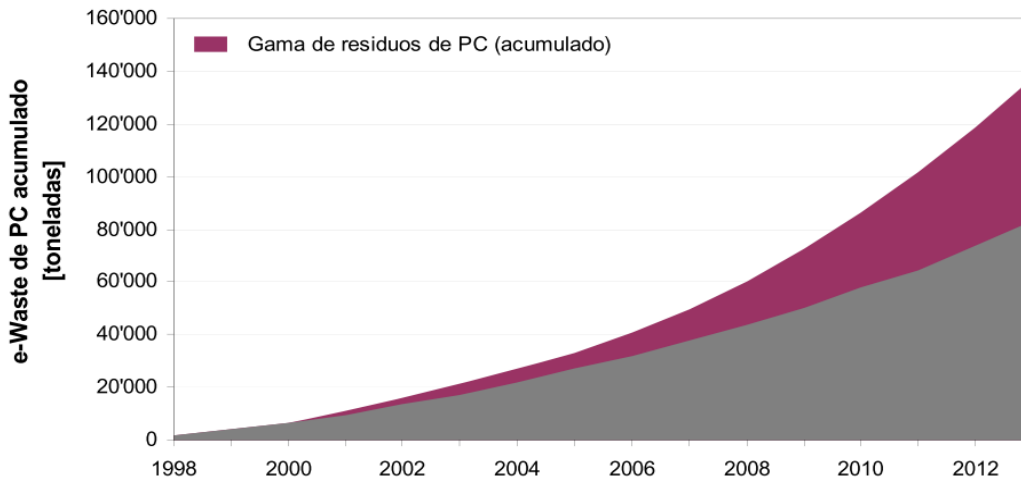


Gráfico 1: Residuos de computadoras 1998 proyección hasta 2013

Fuente: Ott, 2008.

En el gráfico 1 que nos presenta el estudio se observa la cantidad de residuos que se podría acumular en Colombia en el periodo 1998 al 2012, esto es, entre 80'000 y 140'000 toneladas de residuos dentro de los próximos cinco años. Estas cifras son una alerta sino se implementa de manera eficiente un completo e integrado sistema de gestión de RAEE. La gráfica también es dicente en el número de toneladas que se produjeron para el año 2007, unas 45'000 toneladas de residuos de PC.

El cuanto al estudio diagnóstico correspondiente a electrodomésticos de Blaser (2009), el cual amplía el panorama de RAEE en Colombia, muestra cifras de los últimos 10 años de la industria y la producción de neveras, la cual aumentó un 300%, para un total de más de 1200.000 neveras en 2008. De igual manera muestra cifras de importación para el mismo año de 700.000 unidades. Esto corresponde aproximadamente a un crecimiento de 300% entre el 2000 y el 2008.

Con respecto a importaciones de televisores el dato para el 2008 suma 1750.000 televisores, de los cuales 415.000 son de pantalla LCD y 80.000 son de pantalla plasma. Cabe resaltar que la importación de pantallas LCD se cuadruplicó entre 2006 y 2008, generando un crecimiento sin precedentes registrados en el país.

En el estudio realizado por Blaser, este concluye que la generación de residuos originados de los electrodomésticos estudiados (Neveras, Tv de TRC, LCD, lavadoras, Equipos de Audio y Video, entre otros.), a partir del 2004 hasta la fecha (2008), acumula un volumen entre 100.000 y 290.000 toneladas. Contando desde el 2004, en el 2013 el volumen se elevará a entre 260.000 y 730.000 toneladas y en el 2018 el volumen totalizará entre 540.000 y 1.370.000 toneladas. Las cifras antes expresadas dan una aproximación, una vez obsoletos estos electrodomésticos, del potencial de generación de residuos peligrosos que se están generando y sus impactos al ambiente y la salud, debido a una inadecuada e insuficiente infraestructura para tratar estos residuos, la falta de un sistema adecuado de gestión y a una política pública para el tratamiento de los RAEE.

De otra parte, es importante resaltar la labor que viene desarrollando en Colombia, el **PROGRAMA COMPUTADORES PARA EDUCAR**, el cual en asocio con la Asociación Colombiana de Industriales ANDI, entrega computadores recuperados a las escuelas públicas. Lo anterior se puede ver como una forma de reuso y alargue de la vida útil de estos equipos. En los gráficos 2 y 3 respectivamente, se puede observar como en el cuatrienio 2006-2010, este programa pudo recuperar 219.645 computadores, los cuales fueron entregados a 16.248 instituciones de educación pública, logrando así un excelente resultado en la gestión de recuperación de equipos de computador.

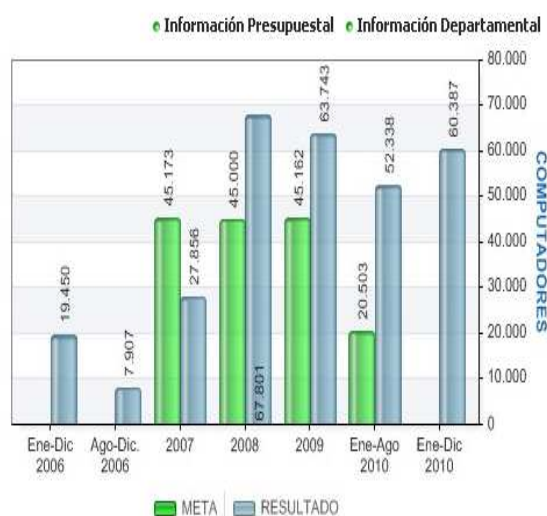
Computadores entregados a sedes educativas públicas

Ficha técnica

Observar Resultados Cuatrienio 2002 2006

Avances Cuatrienio 2006 2010

Periodo	Meta	Resultado	Avance
Línea de Base Cuatrienio	--	58.289	--
Resultado Año 2006	18.000	19.450	108,06 %
AÑO 2006 (Agosto a Diciembre)	--	7.907	--
AÑO 2007	45.173	27.856	61,67 %
AÑO 2008	45.000	67.801	150,67 %
AÑO 2009	45.162	63.743	141,14 %
AÑO 2010 (Enero a Agosto)	20.503	52.338	255,27 %
AÑO 2010	--	60.387	--
<b>Cuatrienio:</b>	<b>187.810</b>	<b>219.645</b>	<b>116,95 %</b>



Fecha de actualización: 11/01/2011

Fecha de corte: 31/12/2010

Grafico 2. Computadores entregados a sedes educativas.

Fuente: <http://www.sigob.gov.co/ind/indicadores.aspx?m=509>

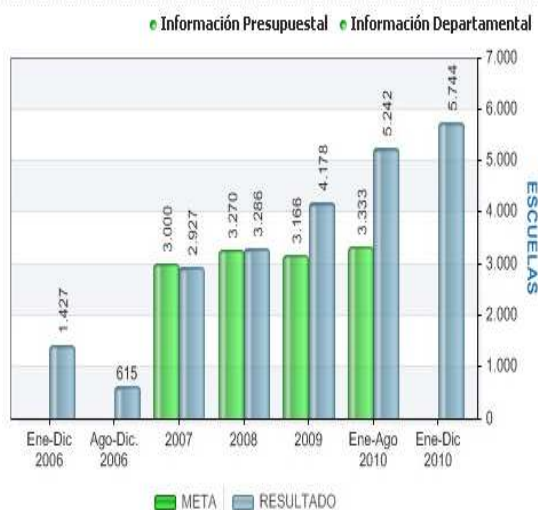
Instituciones educativas públicas beneficiadas con computadores

Ficha técnica

Observar Resultados Cuatrienio 2002 2006

Avances Cuatrienio 2006 2010

Periodo	Meta	Resultado	Avance
Línea de Base Cuatrienio	--	5.263	--
Resultado Año 2006	1.200	1.427	118,92 %
AÑO 2006 (Agosto a Diciembre)	--	615	--
AÑO 2007	3.000	2.927	97,57 %
AÑO 2008	3.270	3.286	100,49 %
AÑO 2009	3.166	4.178	131,96 %
AÑO 2010 (Enero a Agosto)	3.333	5.242	157,28 %
AÑO 2010	--	5.744	--
<b>Cuatrienio:</b>	<b>14.339</b>	<b>16.248</b>	<b>113,31 %</b>



Fecha de actualización: 11/01/2011

Fecha de corte: 31/12/2010

Grafico 3. Instituciones educativas públicas beneficiadas.

Fuente: <http://www.sigob.gov.co/ind/indicadores.aspx?m=509>

## **2.4 Planteamiento del problema.**

Esta investigación tiene como objeto de estudio, la ciudad de Cartagena de Indias y la problemática de sus residuos, específicamente los eléctricos y electrónicos, los cuales en gran medida van a parar al relleno sanitario de la ciudad o, a sus ecosistemas de manglares y cuerpos internos de agua. Otro escenario de la problemática es el desmantelamiento de aparatos eléctricos y electrónicos por recicladores informales en vertederos a cielo abierto que luego venden a chatarreros o sitios de compraventa de cualquier tipo de residuos.

De otra parte, la eliminación de residuos lleva asociada una problemática ambiental y sanitaria. Para su fabricación se necesitan grandes cantidades de energía y de materias primas, algunas muy perjudiciales tanto para el medio ambiente como para el ser humano. Algunos de los componentes con mayor impacto son los materiales ignífugos bromados y los metales pesados como el cadmio, el cromo, el plomo, el níquel y el mercurio. Por otro lado, más del 90% de los residuos de los AEE son eliminados mediante la incineración o por disposición en vertederos, tratamientos que no implican procesos de descontaminación ni de recuperación, y que suponen importantes riesgos ambientales y un desperdicio de recursos. En la incineración se liberan gases contaminantes que provienen de la combustión del PVC de los AEE.

La lixiviación y filtración de sustancias peligrosas, la vaporización de gases y los incendios incontrolados son los principales impactos ambientales de la disposición en vertederos.

A propósito de la expedición de la resolución 1512 de 2010 por el Ministerio de Medioambiente sobre la responsabilidad de los productores de AEE, Cartagena de Indias dada su vocación turística posee un gran y variado comercio, es de precisar que el de electrodomésticos e informáticos son los de mayor connotación. En este sentido, muchos de ellos son grandes superficies y distribuidores que deberán en su momento agremiarse para darle cumplimiento a la resolución, sea de manera individual o colectiva.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

- Proponer un Proyecto Piloto con Inclusión Social para la Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en el Distrito de Cartagena de Indias (Colombia), basado en El Sistema de Gestión Español.

#### **3.2 Específicos:**

- Identificar las principales normas que rigen en Colombia en materia de residuos peligrosos, así como conocer la estructura propuesta para la implementación de Sistemas de Recogida Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos Eléctricos y Electrónicos.
- Conocer el modelo Español de gestión de RAEE, y la experiencia en las operaciones de los procesos de la empresa RECILEC de Sevilla.
- Proponer un proyecto piloto con inclusión de la economía social para la Gestión de RAEE en Cartagena de Indias, basado en el modelo de Gestión Español.
- Proyectar las estimaciones financieras del proceso.

### **4. MATERIALES Y METODOS**

La metodología empleada para el desarrollo de este proyecto de investigación estuvo fundamentada en el análisis de textos, revistas, diagnósticos, consultas de base de datos, entrevistas y visitas técnicas, entre otros. Cuyo objetivo era, tener una visión holística acerca de la problemática de los RAEE en el mundo y como se estaba abordando la problemática en todo su contexto, desde el origen del producto hasta el final de su vida útil, para ello entonces se tuvo en cuenta el modelo de gestión Español; de igual manera se tomaron aspectos de la gestión del modelo Suizo.

#### **4.1 Recopilación de Información.**

La búsqueda de información se estableció a partir de las fuentes primarias y secundarias, tales como:

- Entrevista con el gerente de la Empresa RCILEC de España, Dr. Leonardo Pineda.
- Asesorías Personalizadas con el Coordinador del Máster en Tecnología Ambiental, Dr. Benito de la Morena



- Solicitud de información a grupo de investigación en RAEE de la Universidad de Cádiz, España.
- Entrevista con el consorcio de aseo PACARIBE, empresa de servicios públicos para la recolección de residuos sólidos urbanos de Cartagena de Indias. El objetivo, conocer el número de cooperativas que apoyan la labor en la recogida, ubicación y rutas.
- Solicitud de información a la base de datos de la Cámara de Comercio de Cartagena, sobre el comercio especializado de AEE.
- Solicitud de información a la Asociación Nacional de Industriales-ANDI- sobre la actividad de producción de AEE en Colombia.
- Solicitud a la secretaria de Planeación de la Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, sobre aspectos de población y distribución territorial.
- Búsqueda en base de datos vía web del Ministerio de Industria y Turismo, sobre el sector hotelero y su categorización de Cartagena d Indias.
- Búsqueda en base de datos del Departamento Nacional de estadísticas DANE, sobre datos de hogares y encuesta de calidad d vida
- Solicitud de información al Centro Nacional de Producción más Limpia sobre la organización de la gestión de RAEE para Colombia.
- Solicitud de información al Ministerio de Medio Ambiente sobre Productores que han radicado solicitud la aprobación para sus Sistemas de Gestión de RAEE.
- Búsqueda en base de datos del Ministerio de medio Ambiente sobre legislación en materia de residuos peligrosos y otras recientes.
- Revisión de investigaciones hechas en Colombia sobre el tema RAEE, apoyadas por el EMPA de suiza.
- Consultas vía online a la revista digital CATEDRA RELEC de España.
- Revisión de tesis y trabajos investigativos de base de datos de repositorios universitarios.
- Consultas de páginas web especializadas que permitieron identificar modelos de gestión de RAEE.

## **4.2 Visitas Técnicas**

- Visita técnica a la empresa RECILEC en Sevilla, España para conocer sus líneas de procesos, sistema logístico, relaciones con la comunidad y tratamiento de sus residuos no valorizables y valorizables.
- Entrevista con el Dr. Leonardo Díaz Pineda, Gerente de la empresa RECILEC S.A para conocer todos los aspectos del modelo de gestión y operativos de la empresa.
- Entrevista al Gerente Juan Fernando Jaramillo de la empresa Recyclables en Cartagena de Indias para conocer sus procesos, relaciones con la industria, con el sector informal del reciclaje y los volúmenes tratados anualmente.

## **4.3 Uso de Herramientas Tecnológicas y de Cálculo**

- Método de cálculo del potencial de residuos en Cartagena basado en el método de Ökopol.
- Utilización del soft Argis, para elaboración de mapas Georeferenciado
- Utilización de Microsoft Project para establecer el diagrama de Gantt en la ruta de la investigación.
- Utilización de soft financiero evaproject para el cálculo de costos y gastos estimados del proyecto.

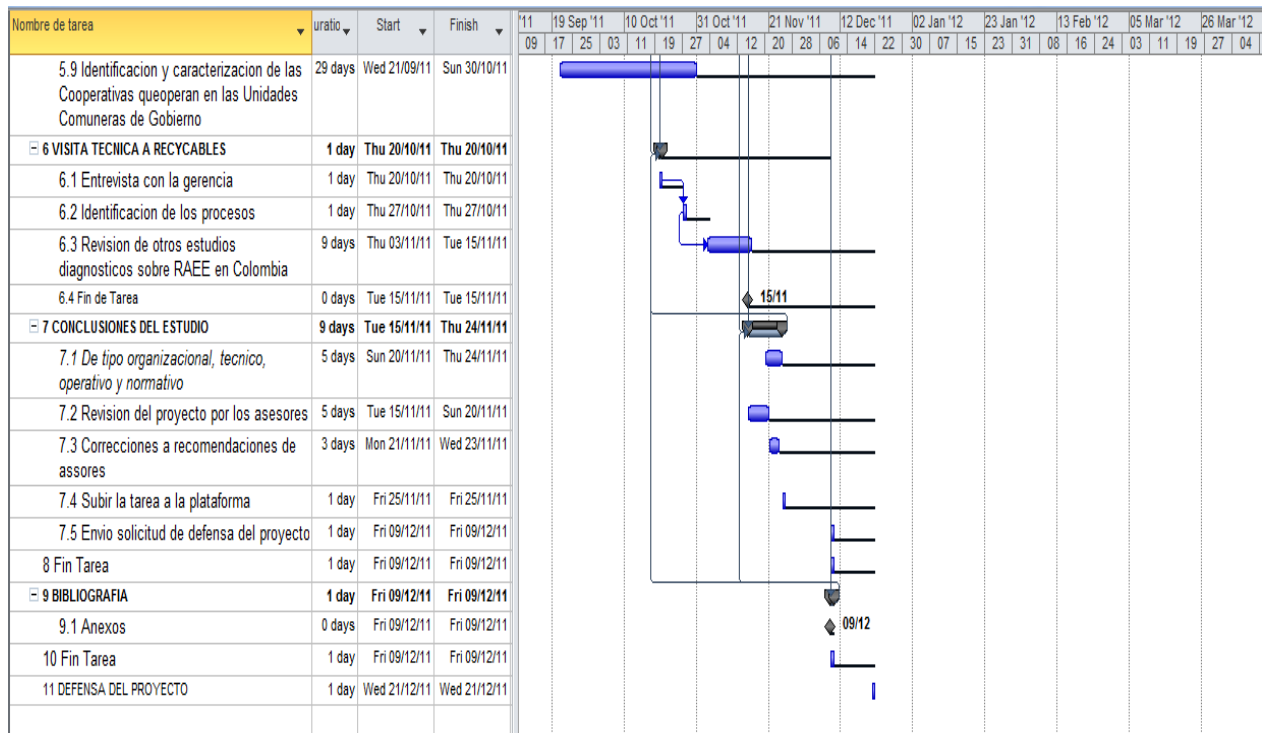
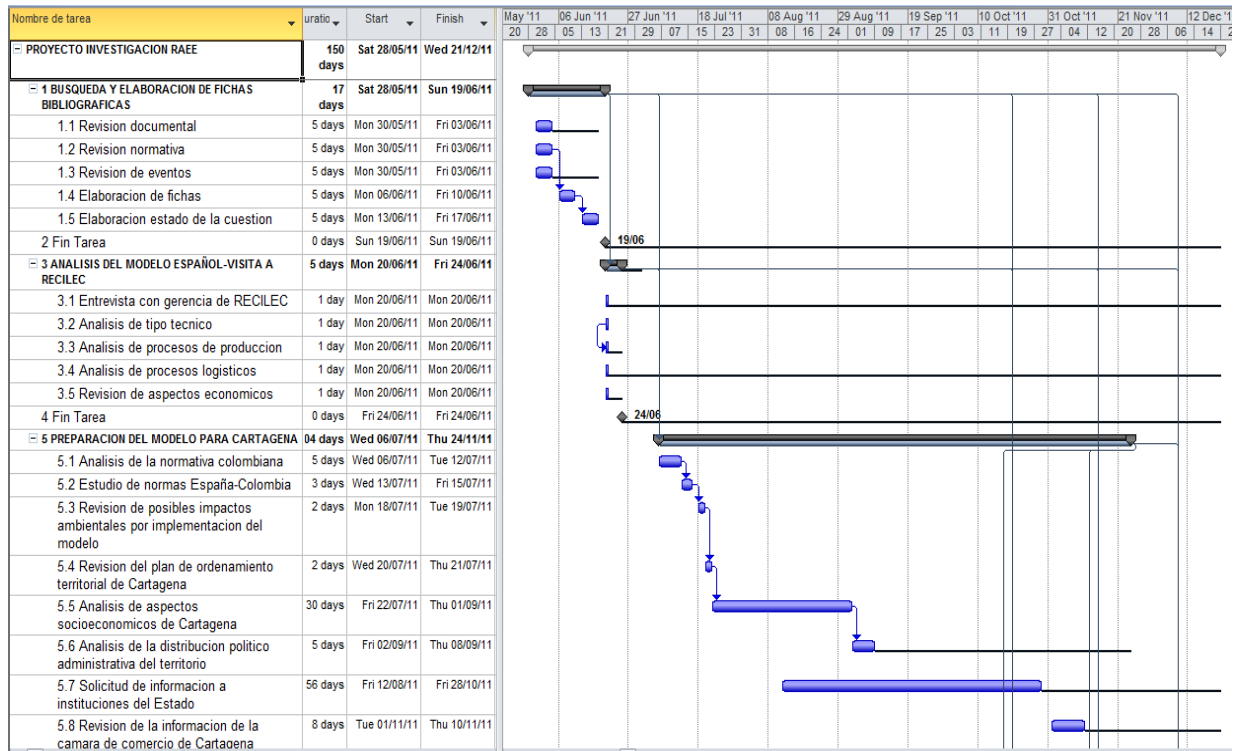


Diagrama 1. Actividades del Proyecto de Investigación  
Fuente: Elaboración del Autor con Microsoft Project 2010

## 5. MARCO NORMATIVO COLOMBIANO

La implementación de este proyecto piloto basa su implementación en el amplio compendio de normas que en materia de residuos y especialmente los peligrosos tiene la Legislación Colombiana, con el agregado de la Ley de Residuos Eléctricos y Electrónicos que cursa en el Congreso de la República.

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

Mediante la matriz de la tabla 1, se hace un barrido por las principales normas que rigen la gestión y manejo de residuos peligrosos.

### 5.1. Matriz Normativa Residuos Peligrosos.

Tabla 1. Resumen de normas en materia de residuos peligrosos.

LEY 9 DE 1979	Se establecen restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos sólidos y peligrosos. Sólo se pueden disponer basuras en los sitios previamente autorizados por el Ministerio de Salud. Quien genere residuos de características especiales debe ser responsable de su recolección, transporte y
LEY 99 DE 1993 de la REPUBLICA DE COLOMBIA	Recursos Naturales General. Crea el Ministerio del Medio Ambiente.
LEY 253 DE 1996 DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos y su Eliminación. Categorías de desechos que hay que controlar: Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados; mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua; sustancias y artículos de desecho.
LEY 430 DE 1998 DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	Regula las responsabilidades para el manejo integral de residuos.
DECRETO 1713 DE 2002 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	Prestación del servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos.
DECRETO 1609 DE 2002 DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE	Establece los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional.
RESOLUCION 1045 DE 2003 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	Metodología para la adopción de los planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS.

DECRETO 4741 DE 2005 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
RESOLUCION 1362 DE 2007 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	Por el cual se establecen todos los procedimientos y requisitos para el registro de generadores de residuos peligrosos RESPEL.
RESOLUCION 0621 DE 2007 DEL INSTITUTO IDEAM	Por la cual se establecen los Protocolos para la Caracterización de Residuos Peligrosos.
RESOLUCION 1362 DE 2007 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005
RESOLUCION 372 DE 2009 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
RESOLUCION 0503 DE 2009 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	Por la cual se aclara la Resolución 372 de 2009 mediante la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Ácido, y se adoptan otras disposiciones
RESOLUCION 1297 DE 2010 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	Objeto. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de pilas y/o acumuladores que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.
RESOLUCION 1511 DE 2010 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	Objeto. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de bombillas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.
RESOLUCION 1512 DE 2010 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	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
RESOLUCION 1739 DE 2010 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	Por la cual se suprime el requisito establecido en el artículo 19 de la Resolución 1297 de 2010, en el artículo 19 de la Resolución 1511 de 2010 y en el artículo 18 de la Resolución 1512 de 2010.
DECRETO 2820 DE 2010 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales
RESOLUCION 361 DE 2011 DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	Por la cual se modifica la Resolución 372 de 2009.

## **5.2 Legislación sobre la gestión de RAEE**

En Colombia no existe una legislación específica sobre la gestión de residuos eléctricos y electrónicos, sin embargo, se encuentra en trámite legislativo el Proyecto de Ley 273 de 2009, que busca establecer la Política Nacional de Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos. Por su parte el Ministerio de Medio Ambiente ha expedido resoluciones que empiezan a regular la gestión de RAEE en el marco de la Política de Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Mediante estas resoluciones pretende que algunos productores, tales como los de Computadores, bombillas y pilas y baterías, empiecen a generar sus Sistemas de Recogida Selectiva y gestión Ambiental. (Ver tabla 1, textos resaltados)

## **5.3. Diagrama del Sistema de Recogida Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos Eléctricos y Electrónicos.**

Mediante el siguiente diagrama (ver diagrama 1), se ilustra la forma como es la estructura para la implementación de los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos propuestos en las resoluciones que se resalta en la tabla 1.

El sistema puede presentarse de manera individual o colectiva, es decir, grupos de productores sean varias personas jurídicas. El sistema tiene unas características especiales: deben permitir la devolución de residuos al productor, no deben generarle ningún costo y deben ser objeto de aprovechamiento y valorización. Además deben contener unos elementos básicos de la gestión como lo es la identificación del productor, del gestor, la cobertura geográfica y las cantidades, peso, vida útil y unidades recogidas.

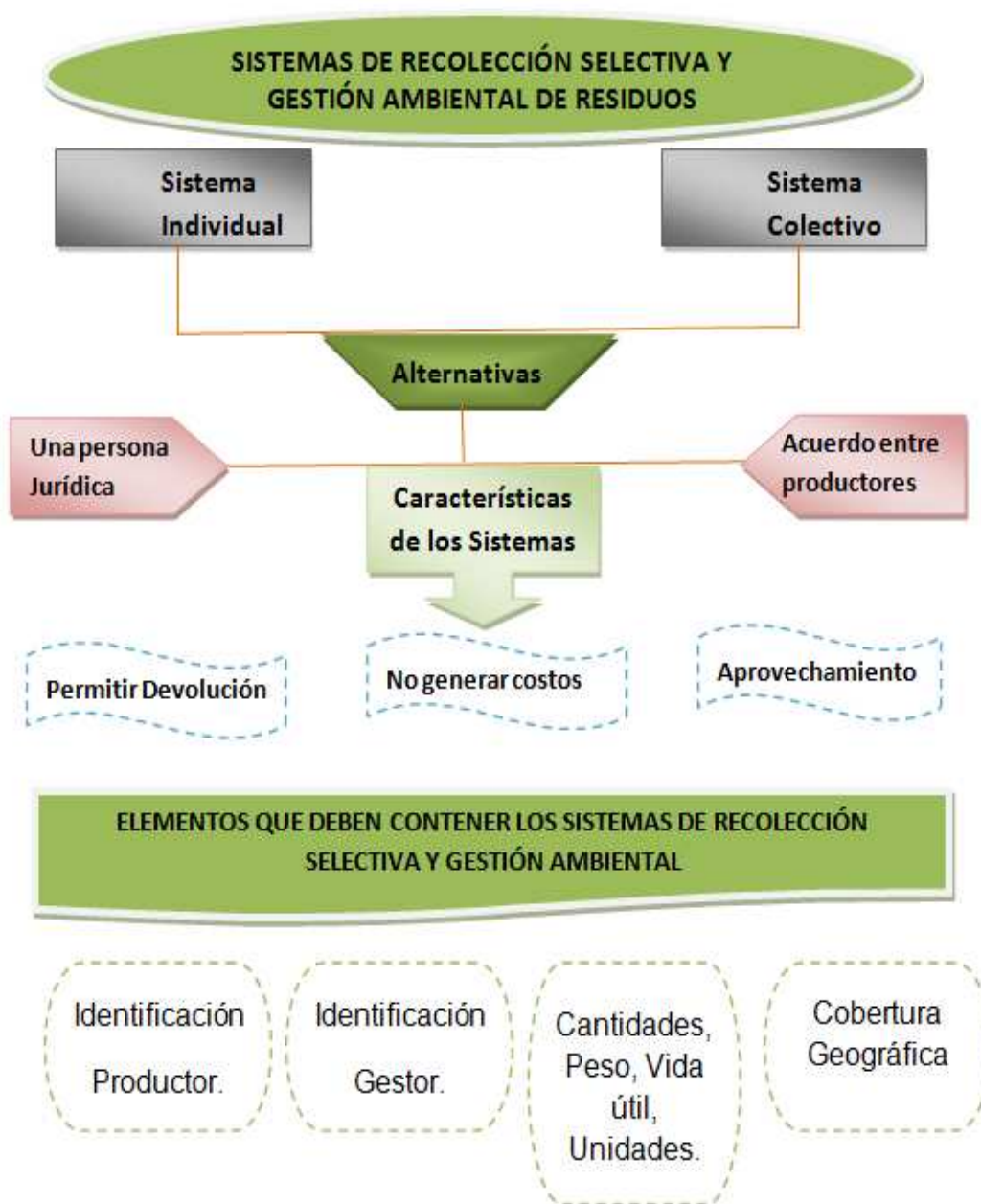


Diagrama 2. Interpretación de la Estructura Básica del Minambiente frente a la Gestión de RAEE  
Fuente: Elaboración del Autor

## 6. EL MODELO ESPAÑOL DE GESTIÓN DE RAEE

### 6.1. El Contexto Normativo

La siguiente matriz señala algunas de las más importantes normas de aplicación sobre RAEE en España.

MATRIZ DE LA NORMATIVA DE APLICACIÓN SOBRE RAEE EN ESPAÑA	
NORMATIVA	OBJETO DE APLICACIÓN
<input type="checkbox"/> El Real Decreto 833/88	El presente Decreto tiene por objeto desarrollar la ley 20/1986 de 14 de mayo, Básica de residuos Tóxicos y Peligrosos para que las actividades productoras de dichos residuos y la gestión de los mismos se realicen garantizando la protección de la salud humana, la defensa del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales.
<input type="checkbox"/> Directiva de la Unión Europea 2002/96	La presente Directiva tiene por objetivo, en primer lugar, prevenir la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos(RAEE) y, además, la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización de dichos residuos, a fin de reducir su eliminación. Asimismo, se pretende mejorar el comportamiento medioambiental de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, por ejemplo, los productores, distribuidores y consumidores, y, en particular, de aquellos agentes directamente implicados en el tratamiento de los residuos derivados de estos aparatos.
<input type="checkbox"/> El Real Decreto 952/97	Artículo único. Modificación del Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado por el Real Decreto 833/1988 de 20 de julio, queda modificado en el artículo 17, que regula los datos que <u>deberían constar en el registro de productores.</u>
<input type="checkbox"/> Ley 10 de 1998	Esta Ley tiene por objeto prevenir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión y fomentar, por este orden, su reducción, su reutilización, reciclado y otras formas de valorización, así como regular los suelos contaminados, con la finalidad de proteger el medio ambiente y la salud de las personas. El Gobierno podrá establecer normas para los diferentes tipos de residuos, en las que se fijaran disposiciones particulares relativas a su producción o gestión.
<input type="checkbox"/> Orden del Ministerio de Medio Ambiente MAM 304/2002	ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
<input type="checkbox"/> Real Decreto 208/2005	Este Real Decreto tiene por objeto, establecer medidas para prevenir la generación de residuos procedentes de aparatos eléctricos y electrónicos y reducir su eliminación y la peligrosidad de sus componentes, así como regular su gestión para mejorar la protección del medio ambiente. Asimismo, se pretende mejorar el comportamiento ambiental de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, por ejemplo, los productores, distribuidores, usuarios y, en particular, el de aquellos agentes directamente implicados en la gestión de los residuos derivados de estos aparatos.
<input type="checkbox"/> Ley Gica	El objetivo de la Ley GICA es establecer un marco normativo adecuado para el desarrollo de la Política Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía, a través de los instrumentos que garanticen la incorporación de criterios de sostenibilidad en las actuaciones sometidas a la misma.

*Tabla 2. Matriz de Normativa de Aplicación sobre RAEE en España.*

*Fuente: Elaboración del autor*



## 6.2. Concepto de RAEE

La basura electrónica, o e-waste, es el problema emergente del nuevo milenio, así como una oportunidad de negocio de creciente importancia, dado el volumen de los desechos electrónicos que se generan y el contenido de materiales tóxicos y valioso que hay en ellos. Widmer et al., (2005), argumentan que “Fracciones como el hierro, cobre, aluminio, oro y otros metales en los residuos electrónicos representan más del 60%, mientras que los contaminantes constituyen un 2,70%. Por lo menos 100 millones de computadoras se volvieron obsoletas en 2004. No es de extrañar, que residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) hoy constituyen ya un 8% de los residuos municipales y es una de las fracciones de residuos de más rápido crecimiento”.

Los E-waste comprenden todos los aparatos eléctricos y electrónicos que han cumplido su vida útil y han sido desechados, de los cuales los ordenadores y teléfonos móviles son de los más abundantes debidos a su corta vida y el acelerado proceso de nuevas tecnologías. Los residuos electrónicos contienen metales valiosos (Cu, del grupo del platino), así como posibles contaminantes ambientales, especialmente Pb, Sb, Hg, Cd, Ni, polibromodifeniléteres (PBDE), y los bifenilos policlorados (PCB). La quema de residuos electrónicos pueden generar dioxinas, furanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), hidrocarburos aromáticos polihalogenados (PHAHs), y cloruro de hidrógeno (Robinson, 2009)

“El término e-waste es una abreviación de electronic waste, lo que es equivalente a Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) y en español, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Otros términos conocidos son: e-scrap, e-trash, residuos electrónicos, residuo-e o simplemente chatarra electrónica. La palabra e-waste se refiere a aparatos dañados, descartados u obsoletos que consumen electricidad. Incluye una amplia gama de aparatos como computadores, equipos electrónicos de consumo, celulares y electrodomésticos que ya no son utilizados por sus usuarios. Por la creciente digitalización de los productos anteriormente eléctricos como hornos, calderas y hervidores esta distinción se puso borrosa. Cada vez estos aparatos contienen más circuitos electrónicos y tarde o temprano terminan siendo e-waste”. (Ott, 2008).

En la tabla 3, se muestran algunas definiciones de RAEE:

Referencia	Definición
Directiva RAEE de la Unión Europea (EU 2002a)	"Todos los aparatos eléctricos o electrónicos que pasan a ser residuos [...]; este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha". La Directiva 75/442/CEE, Artículo 1(a), define "residuo" como "cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones nacionales vigentes" ( <a href="http://www.gestion-ambiental.com/norma/ley/375L0442.htm">http://www.gestion-ambiental.com/norma/ley/375L0442.htm</a> ).
Red de Acción de Basilea (BAN) (Puckett & Smith 2002)	"e-waste incluye una amplia y creciente gama de aparatos electrónicos que van desde aparatos domésticos voluminosos, como refrigeradores, a acondicionadores de aire, teléfonos celulares, equipos de sonido y aparatos electrónicos de consumo, hasta computadores desechados por sus usuarios".
OECD (2001)	"Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil".
StEP (2005)	El término 'residuos electrónicos' se refiere a "... la cadena de suministro inversa que recupera productos que ya no desea un usuario dado y los reacondiciona para otros consumidores, los recicla, o de alguna manera procesa los desechos".

**Tabla 3.** Definiciones de RAEE

Fuente: Tomado de Ott, 2008.

### 6.3. Clasificación

Para la clasificación de los diferentes tipos de RAEE se usaron las categorías planteadas por la Directiva 2002/96/EC de la Unión Europea. En la Tabla 4 se muestran las categorías definidas por dicho organismo.

No.	Categoría	Ejemplos
1	Grandes electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, etc.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados (mini computadoras, impresoras), y elementos de computación personal (computadores personales, computadores portátiles, fotocopiadoras, teléfonos, etc.).
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de vídeo, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras y máquinas de coser.
7	Juguetes, equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de vídeo y juegos de vídeo.
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo o reguladores de calor.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos sólidos.

**Tabla 4.** Clasificación de RAEE

Fuente: Directiva 2002/96/EC de la Unión Europea.

#### 6.4. Responsabilidad Extendida del Productor (REP)

Responsabilidad Extendida del Productor (REP) se propaga como un nuevo paradigma en la gestión de residuos. El concepto de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) Lindhqvist (2000) lo define así: “*REP es un principio político para promover la reducción de los impactos ambientales de sistemas de productos durante el ciclo de vida completo mediante extender las responsabilidades del fabricante de un producto hacia varias etapas del ciclo de vida del mismo, en especial hacia la retoma, el reciclaje y la disposición final. REP se implementa a través de una combinación de instrumentos políticos administrativos, económicos e informativos*”.

Otro concepto de REP, desde el modelo Suizo se puede observar y analizar en la tabla 5; en ella se expresan las responsabilidades que les cabe a cada uno de los principales

actores en el sistema de gestión de RAEE Suizo: fabricantes, distribuidores, consumidores, proveedores, gestores y empresas logísticas de recolectores.

En cuanto a este último grupo de actores (Recolectores) se resalta el hecho de que el sistema de gestión que se propone, tendrá en cuenta e incluirá las cooperativas y otros tipos de organizaciones sociales que ejercen de manera informal el reciclaje en Cartagena de Indias, las cuales serán actores fundamentales en la prestación del servicio de origen domiciliario, institucional educativo y turístico, en asocio con quien oficie de gestor oficial en la ciudad. Por lo antes expuesto, este proyecto se presenta como una alternativa de inclusión de las diferentes formas de economía social que en la ciudad de Cartagena desarrollan una actividad en la gestión de residuos.

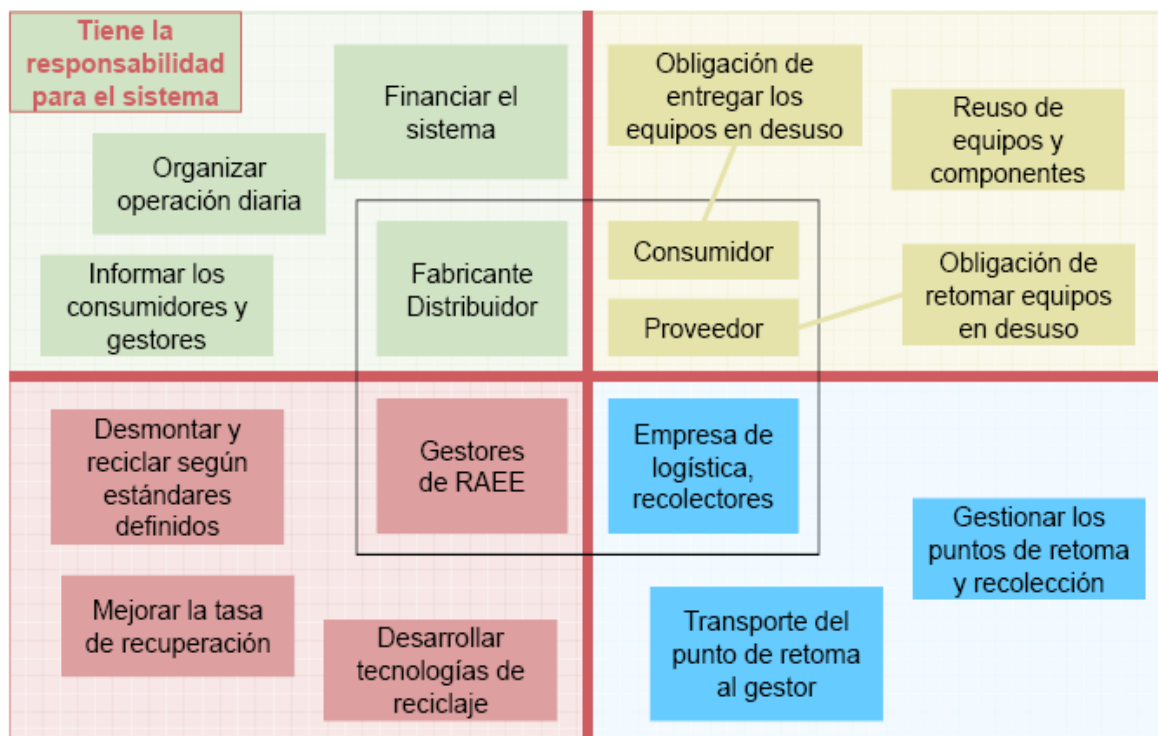


Tabla 5. Esquema de responsabilidad bajo REP  
Fuente: Taller de Capacitación para Autoridades Ambientales.

De otra parte, la OCDE (2001) define la REP como un enfoque de política ambiental en el cual la responsabilidad del productor por un producto se extiende hasta el fin del ciclo de vida del producto. Se caracteriza por la transferencia de responsabilidad (física y/o económica, completa o parcial) hacia el productor y el suministro de incentivos a los

productores para que tengan en cuenta consideraciones ambientales desde la etapa del diseño del producto.

### **6.5. El Origen de los RAEE**

Los RAEE se les ha dado dos tipos de origen: De origen **doméstico** y de origen **profesional**<sup>2</sup>.

- **Los de Origen Doméstico:** incluye a las empresas que ponen en el mercado aparatos concebidos para uso particular o asimilable, y que son comercializados a través de un distribuidor. El productor financia el sistema de recogida, con contribuciones determinadas por los kilogramos puestos en el mercado y la clasificación del aparato. Todas las empresas adheridas de este origen pueden solicitar la recogida de sus RAEE sin coste para el productor, con dos opciones según el peso a gestionar:
  - Recogida en las instalaciones del productor o de su distribuidor, mas de 600kg.
  - Entrega a un centro de almacenamiento de carga.
- **Los de Origen Profesional:** pertenecen a este todos aquellos productores que ponen en el mercado aparatos destinados a un uso profesional, y que se comercializan directamente al usuario final. En este caso el retorno del residuo está asegurado, financiando el productor su gestión mediante recogidas concertadas, con distintas modalidades de servicio previa aceptación del presupuesto:
  - Recogida indicada por el productor, transporte y tratamiento en planta.
  - Entrega en un Centro de Almacenamiento de carga.
  - Entrega directamente en una planta de tratamiento.

### **6.6. La Organización de Los Sistemas Integrados de Gestión (SIG)**

Los SIG aglutinan una serie de empresas productoras y distribuidoras de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) entorno a un Gestor de Residuos para darle respuesta a las 10 categorías de RAEE establecidas por el Real Decreto 208/2005. Los SIG

---

<sup>2</sup> Conceptos tomados de la entrevista con el gerente de RECILEC, Dr. Leonardo Díaz Pineda.

contemplan el establecimiento, desarrollo y gestión de los sistemas de recogida, tratamiento y control de los RAEE al final de su vida útil. Realiza los trámites administrativos en el registro de productores de RAEE. Informa al Registro de Establecimientos industriales (REI) en el Apartado de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Hacen la declaración de producción que se registrara ante el Ministerio.

### **6.7. Los Gestores de RAEE; Caso Empresa RECILEC de Sevilla, España.**

La empresa RECILEC S.A, es la mayor empresa gestora de RAEE de la región de Andalucía, España. Ubicada en Aznalcollar, Sevilla, posee una parcela de 24.200 m<sup>2</sup>, y una nave cubierta de 11.500 m<sup>2</sup>. Según Díaz (2011) la mejora continua es uno de sus pilares básicos, para ello cuenta con un Sistema Integrado de Gestión implementado en medio ambiente, salud ocupacional y seguridad industrial y calidad.

#### **➤ La Logística.**

La logística está estructurada sobre un sistema de recogida y clasificación que opera mediante un plan de rutas para los residuos de origen domestico entre: los puntos limpios, los centros de almacenamiento temporal y la planta. Mientras que para los residuos de origen profesional el plan de rutas está concebido entre el gran distribuidor, es decir, por acuerdo de las partes, el centro de almacenamiento temporal y la planta.

En cuanto a tipos de transporte utilizados, cuenta con camiones de 60 toneladas y de 45 toneladas

#### **➤ Sistemas de Proveedores.**

La empresa RECILEC cuenta con un sistema de proveedores conformado por: proveedores de origen domestico, de origen profesional y clientes, estos últimos son los encargados de tratar las fracciones generadas en el proceso de tratamiento de residuos. Estas fracciones son las valorizables y las no valorizables.

#### **➤ Los Puntos Limpios.**

La empresa posee una red de puntos limpios en la región de Andalucía, alrededor de 70 están en servicio; otros 40 están en construcción y otro tanto en proyecto de construcción conforman el sistema de recepción de residuos de esta importante organización.

➤ **Los Centros de Almacenamiento Temporal(CAT)**

Los Centros de Almacenamiento Temporal son parte fundamental en el proceso logístico de almacenamiento y recogida, ubicados estratégicamente en las principales ciudades de la región de Andalucía.

➤ **Ciclo Físico del Residuo: Trazabilidad.**

El siguiente diagrama ilustra el ciclo físico del residuo en la empresa RECILEC, en él se establece la ruta de los residuos desde el punto de recogida hasta la planta de tratamiento.



Diagrama 3. Ciclo físico del Residuo  
Fuente. Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España

## 7. PRINCIPALES LÍNEAS DE PROCESOS

### 7.1 Línea Blanca

Los grandes electrodomésticos comprenden esta línea y, son recepcionados en la planta conforme a lo establecido en la legislación vigente. Para el desarrollo de esta línea se documentan y unifican todos los métodos de trabajo, siempre bajo los requisitos del Real Decreto 208/2005, de 25 de Febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos. En él se establecen los objetivos de valorización, reutilización y reciclado. La empresa tiene capacidad para tratar 350 mil unidades al año. Así para los equipos de línea blanca se determina un mínimo de 75%, en peso, en el reciclado y reutilización de sus componentes y sustancias, y un mínimo de 80%, en peso, en la valorización. (RECILEC, 2010a).

#### ✓ Diagrama del Proceso

El proceso tiene 5 fases: En la primera fase se recepciona, clasifica y se pasa a mesa de desguace. En la segunda fase se retiran bandejas, cables, vidrios y restos. En la tercera fase se aspira el gas y separa el aceite. En la cuarta fase se retiran los componentes compresor y eléctrico y, en la quinta fase se aspira el PUR y gases refrigerantes.

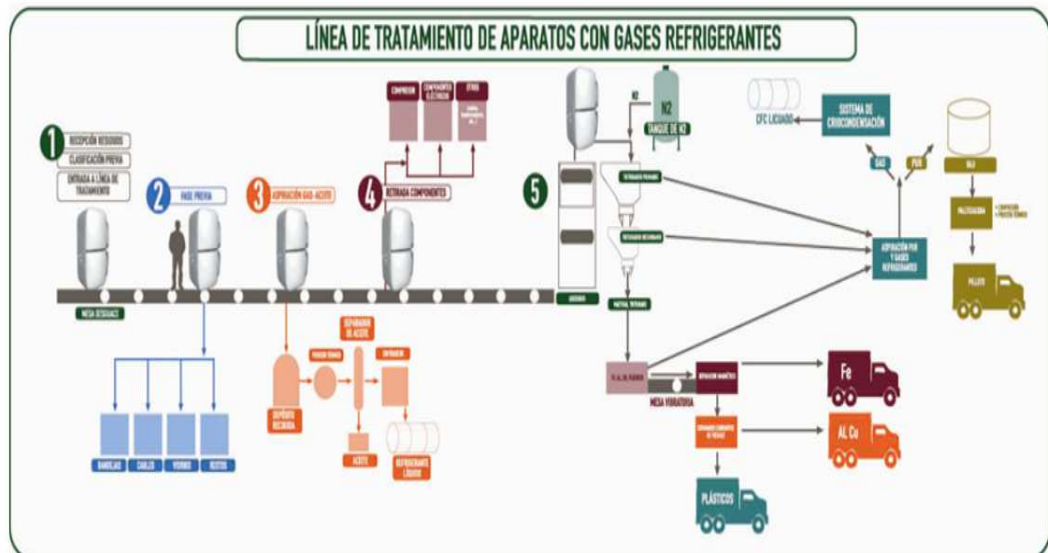


Diagrama 4. Línea de Tratamiento de Aparatos con Gases Refrigerantes  
Fuente: Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España.



### ✓ Fracciones Valorizables

La siguiente tabla muestra las fracciones valorizables y sus porcentajes equivalentes que se obtiene luego del proceso de tratamiento de equipos de línea blanca, tales como neveras, congeladores, vitrinas y aires acondicionados.

FRACCIONES VALORIZABLES Y NO VALORIZABLES EN EL PROCESO DE EQUIPOS CON GASES REFRIGERANTES.				
COMPONENTES				% EQUIVALENCIA
Aceites				0,3
CFC				0,7
Metales(Al;Cu;Fe)				70,5
Plástico				10
Espuma Poliuretano				17
Vidrio				1
Cables				0,3
Asimilable a basura				0,2
<b>Total</b>				<b>100</b>

Tabla 6. Fracciones Valorizables Línea Blanca

Fuente: Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España

### 7.2 Línea de Monitores

En el artículo noveno del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero se establecen los objetivos de valorización, reutilización y reciclado. Los televisores y monitores pertenecen a la categoría 4 del Real Decreto. Para los equipos informáticos y de electrónica de consumo se determina un mínimo de 65% en peso, en el reciclado y reutilización, y un mínimo del 75% en la valorización. A su vez, se pretende establecer las operaciones mínimas exigibles que deben realizarse para reciclar/valorizar los aparatos a tratar en la línea, es decir, aparatos que contienen Tubos de Rayos Catódicos(TRC), y pantallas planas. La empresa tiene capacidad de tratar al menos 20.000 toneladas métricas al año. (RECILEC, 2010b)

### ✓ Diagrama del Proceso

Según el anexo III del Real Decreto 208/2005, como mínimo se deberán extraer los siguientes componentes recogidos por medios selectivos: Tarjetas de circuito impreso mayores de 10 cm<sup>2</sup>; se retirará del circuito impreso los

condensadores electrolíticos mayores de 25 mm de altura y/o diámetro; plásticos que contengan materiales pirorretardantes bromados; cables eléctricos exteriores.

Del TRC se extraerá el revestimiento fluorescente, y se separará el vidrio con Plomo y sin plomo. Para la obtención de los ratios de reciclado es necesaria la separación correcta del vidrio frontal y del vidrio con plomo.

El proceso de tratamiento se divide en tres fases: desmontaje, desfleje, corte y aspiración como lo ilustra el diagrama 4.

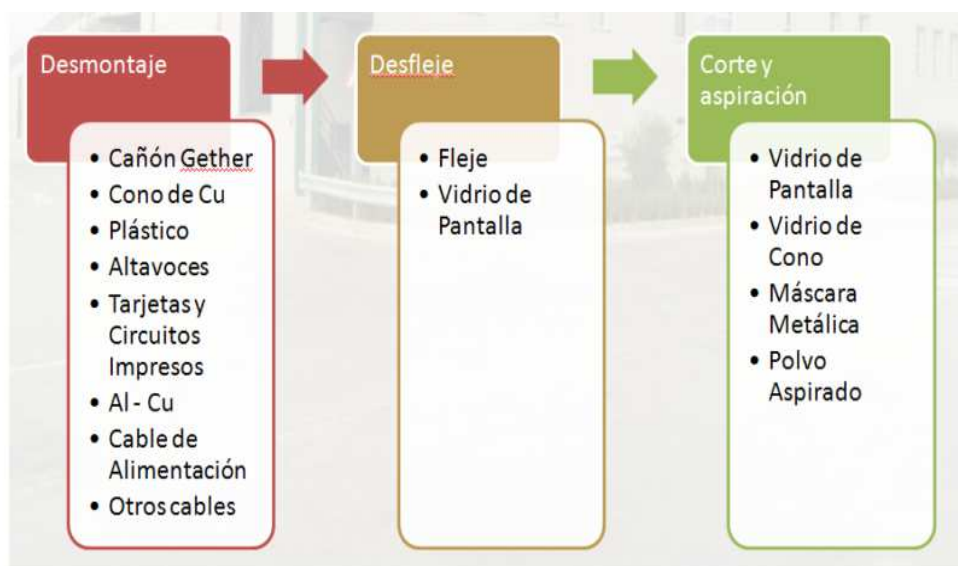


Diagrama 5. Línea de Tratamiento de Monitores y Pantallas  
Fuente: Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España.

### ✓ Fracciones Valorizables

La siguiente tabla muestra las fracciones valorizables y sus porcentajes equivalentes que se obtiene luego del proceso de tratamiento de monitores y pantallas.

FRACCIONES VALORIZABLES Y NO VALORIZABLES EN EL PROCESO DE MONITORES Y PATALLAS				
COMPONENTES				% EQUIVALENCIA
Cables				1,04
Plástico				12,52
Metales(Fe;Cu;Ni)				20,61
Condensadores				0,15
Polvo Fosforescente				0,23
Vidrio cono				35,02
Vidrio Pantalla				21,37
Resto(madera, basura)				9,06
<b>Total</b>				<b>100</b>

Tabla 7. Fracciones Valorizables Monitores y Pantallas

Fuente: Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España

### 7.3 Línea de Lámparas Compactas y Fluorescentes

Según el Anexo I del Real Decreto 208/2005, los aparatos de alumbrado entran en la Categoría 5 y comprenden: Luminarias para lámparas fluorescentes, excluidas las luminarias de hogares particulares. Lámparas fluorescentes rectas. Lámparas fluorescentes compactas. Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos. Lámparas de sodio de baja presión.

De los aparatos de alumbrado se valorizará, por categoría, el 70% del peso de cada tipo de aparato. De los componentes, materiales y sustancias se reutilizará y reciclará, por categoría, el 50% del peso de cada tipo de aparato. El porcentaje de reutilización y reciclado de componentes, materiales y sustancias de lámparas de descarga de gas deberá alcanzar el 80% del peso de las lámparas. La empresa tiene capacidad para tratar unas 7.000.000 millones de unidades al año. (RECILEC, 2010c)

#### ✓ Diagrama del Proceso

EL tratamiento se realiza a través de la unidad Compact Crush and Separation Plant (CCS), diseñada para procesar aparatos de alumbrado de varias longitudes y formas. La máquina tritura y separa el material en diferentes fracciones. El proceso de trituración será el mismo para Lámparas o Tubos variando sólo la

forma de alimentación. Una vez que se han triturado los componentes que forman parte de las lámparas y fluorescentes, comenzará el proceso de separación. Los procesos de separación se dan de forma completamente automatizada. Durante todo el proceso de triturado y clasificación de las diferentes fracciones, los gases son filtrados a través de un ciclón con filtros de mangas. La fracción metálica compuesta por casquillos sufre una separación magnética para separar los compuestos de hierro de los de aluminio. El polvo fluorescente se recoge en barriles debajo de los ciclones y los filtros.

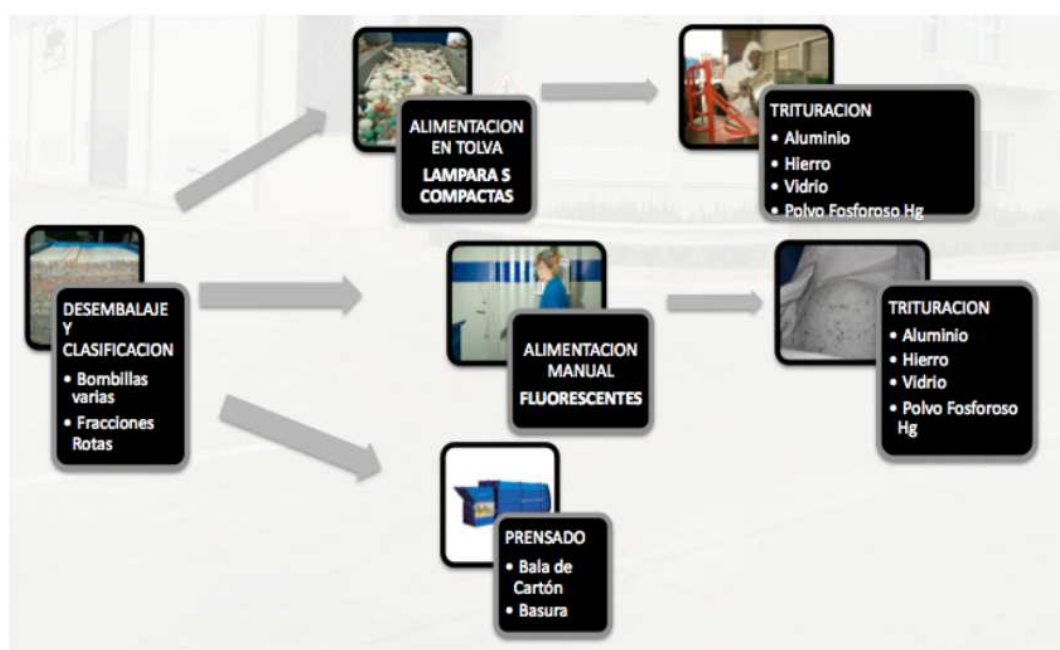


Diagrama 6. Línea de Tratamiento de Lámparas Compactas y Fluorescentes  
Fuente: Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España

### ✓ Fracciones Valorizables

La siguiente tabla muestra las fracciones valorizables y sus porcentajes equivalentes que se obtiene luego del proceso de tratamiento de lámparas.

FRACCIONES VALORIZABLES Y NO VALORIZABLES EN EL PROCESO DE LAMPARAS COMPACTAS Y FLUORESCENTES				
COMPONENTES				
LAMPARAS COMPACTAS				% EQUIVALENCIA
Vidrio triturado				57,5
Polvo Fosforescente con Hg				0,6
Casquillo de lámparas				41,9
LAMPARAS FLUORESCENTES				% EQUIVALENCIA
Vidrio triturado				83
Polvo Fosforescente con Hg				4
casquillos de Al				5
Conectores Fe				7
Cartón				1
<b>Total</b>				<b>200</b>

Tabla 8. Fracciones Valorizables Lámparas Compactas y Fluorescentes

Fuente: Empresa RECILEC S.A. Sevilla, España

## 8. EL PROYECTO PILOTO DE GESTIÓN DE RAE PARA CARTAGENA DE INDIAS

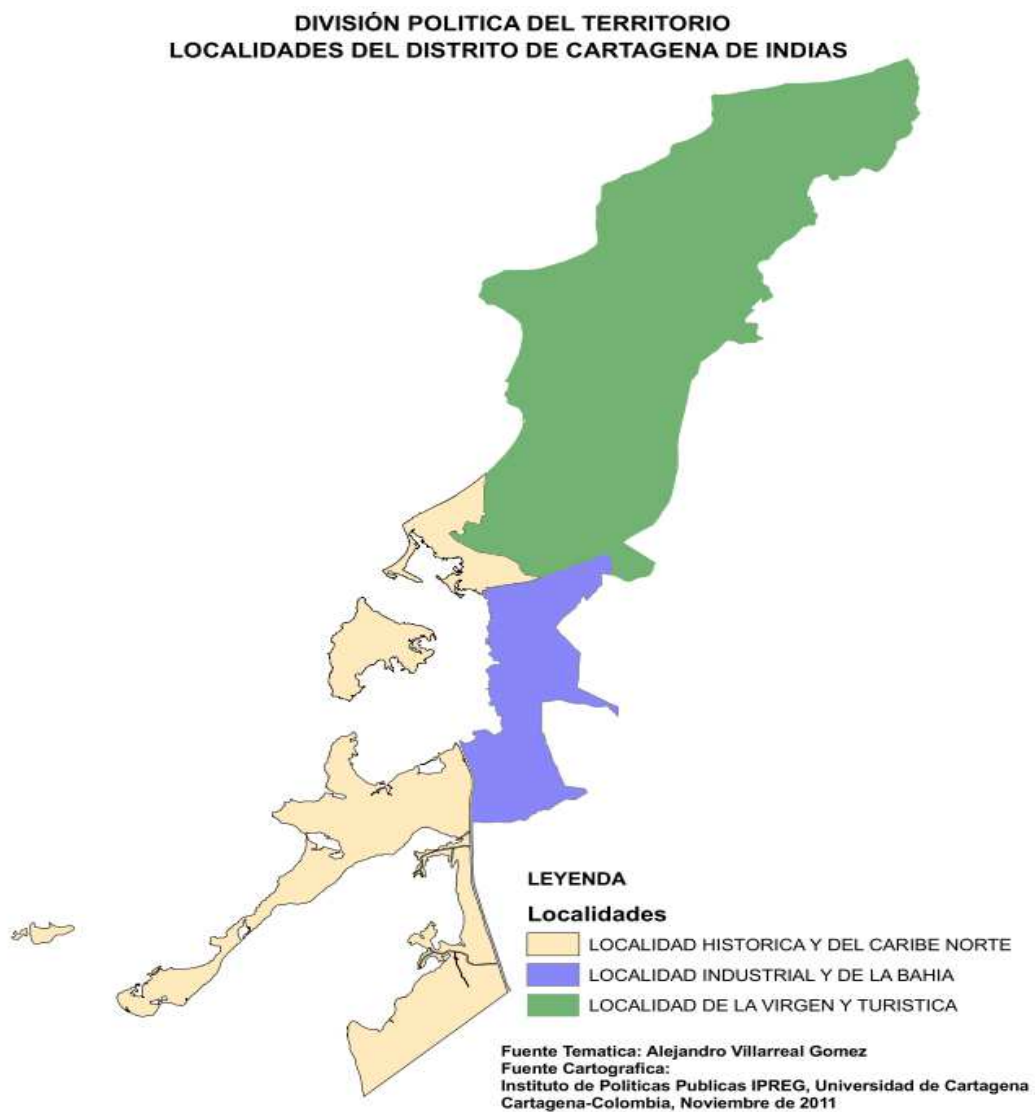
### ➤ Aspectos del Territorio y Socioeconómicos

A continuación se describen los aspectos concernientes a la distribución del territorio y socioeconómicos de la ciudad de Cartagena d Indias.

#### 8.1 División Político Administrativa

El Distrito de Cartagena de Indias está reglamentado por la ley Ley 768 de 2002. Esta ley consagra las normas políticas, administrativas y fiscales de Cartagena, tiene como objeto “dotar al municipio de las facultades, instrumentos y recursos que le permitan cumplir las funciones y prestar los servicios a su cargo, y promover el desarrollo integral de su territorio para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, a partir del aprovechamiento de sus recursos y ventajas derivadas de las características y condiciones especiales que presenta” como ciudad portuaria, industrial y turística. Posee una extensión total de 623 km<sup>2</sup>, mediante el Acuerdo 006 de febrero 27 de 2003 del Concejo Distrital, la divide en 3 Localidades: De la Virgen y Turística, Industrial de la Bahía y la Histórica y del Caribe Norte. La primera es la más extensa, con 371 km<sup>2</sup> y con la menor densidad 901 hab/km<sup>2</sup>; la segunda se extiende a lo largo de 89 km<sup>2</sup> y

densidad poblacional de 3.898 hab/km<sup>2</sup>; la tercera ocupa los restantes 162 km<sup>2</sup> con una densidad poblacional de 2.398 hab/km<sup>2</sup>. Las Localidades están conformadas por otros entes territoriales llamados Unidades Comuneras de Gobierno (UCG), 15 urbanas y 12 rurales, las que a su vez están conformadas por barrios. En las urbanas, se cuenta con un total de 181 barrios o sectores, los cuales son orientados en su desarrollo local por las Juntas de Acción Comunal (JAC), conformada por miembros de la comunidad elegidos democráticamente.



*Mapa 1. División Política del Distrito de Cartagena de Indias-Identificación de Localidades*  
*Fuente: elaboración del Autor*

## 8.2 Distribución del Territorio

La siguiente tabla nos muestra la distribución territorial, poblacional, por unidades comuneras de gobierno UCG y, los barrios que la conforman. (Ver tabla 9)

Localidades	Unidades Comuneras de Gobierno (UCG)		Barrios	
	Rurales	Urbanas	Urbanos	Rurales
<b>Histórica y del Caribe Norte</b>  Área 162 Km2  Población 388.489	Tierra Bomba	UCG # 1	<b>UCG # 1:</b> Castillo Grande - El Laguito - Bocagrande - Centro - Chambacú - La Matuna - Getsemaní - San Diego - El Cabrero - Marbella - Crespo - Pie de la Popa - Manga <b>UCG # 2:</b> Pie del Cerro - Espinal - Lo Amador - Nariño - Pedro Salazar - San Pedro y Libertad - Los Comuneros - Petare - Pablo VI I y II - República del Caribe - Loma Fresca - Palestina - La Paz - Paraíso II - Cerro de la Popa - Torices <b>UCG # 3:</b> Canapote - Daniel Lemaitre - Santa María - Siete de Agosto - San Francisco - San Bernardo <b>UCG # 8:</b> Zaragocilla - Escallón Villa - La Campiña - Los Angeles - Villa Sandra - Los Ejecutivos - El Country - La Troncal - Buenos Aires - Camagüey - Tacarigua - El Carmen - Rubí - Calamares - Las Delicias <b>UCG # 9:</b> Barrio Chino - Martínez Martelo - El Prado - Ambéres - España - Juan XXIII - Paraguay - Junin - Nueva Granada - Nueve de Abril - Jose A. Galán - Piedra de Bolívar - Armenia - Bruselas - Las Brisas <b>UCG # 10:</b> Bosque - Alto Bosque - Los Cerros - San Isidro - República de Chile - Altos de San Isidro - Nuevo Bosque - Mirador del Nuevo Bosque	Tierra Bomba
	Bocachica			Bocachica
	Caño del Oro	UCG # 2		Caño del Oro
	Santa Ana			Santa Ana
	Isla Fuerte			Isla Fuerte
Islas del Rosario		Islas del Rosario		
Islas San Bernardo		Islas San Bernardo		
Barú	UCG # 3	Barú		
<b>De la Virgen y Turística</b>  Área 371 Km2  Población 334.383	Arroyo Grande	UCG # 4	<b>UCG # 4:</b> La María - La Quinta - La Esperanza - La Candelaria - Alcibía - Boston <b>UCG # 5:</b> Tesca - República del Líbano - Chiquinquirá - Olaya Herrera (Com 5) <b>UCG # 6:</b> Olaya Herrera - Fredonia - Nuevo Paraíso - El Pozón - Villa Estrella <b>UCG # 7:</b> Trece de Junio - San José Obrero - San Antonio - República de Venezuela - La Floresta - La Castellana - Los Alpes - Viejo Porvenir - Nuevo Porvenir - Chipre - El Gallo - San Antonio - Las Palmeras	Arroyo Grande
	Arroyo de Piedra			Arroyo de Piedra
	Pontezuela	UCG # 5		Pontezuela
	Bayunca	UCG # 6		Bayunca
	Punta canoa	UCG # 7		Punta canoa
La Boquilla		La Boquilla		
<b>Industrial de la Bahía</b>  Área 89 Km2  Población 346.883	Pasacaballos	UCG # 11	<b>UCG # 11:</b> Ceballos - Santa Clara - Policarpa - Alborno - Arroz Barato - Puerta de Hierro - Bellavista - El Libertador - Villa Barraza - Veine de Julio Sur - Antonio José de Sucre - Mamonal <b>UCG # 12:</b> Los Corales - Almirante Colón - Los Caracoles - El Carmelo - La Central - El Milagro - El Socorro - Santa Mónica - San Pedro - El Campestre - Blas de Lezo <b>UCG # 13:</b> Santa Lucía - La Concepción - El Recreo - Ternera - San José de los Campanos - Villa Rosita - Providencia - Anita <b>UCG # 14:</b> Alameda La Victoria - San Fernando - La Sierrita - Urb. Simón Bolívar - Ciudadela 11 de Noviembre - María Cano - Villa Rubia - Jorge Eliecer Gaitán - Cesar Flórez - Camilo Torres - La Florida - Nueva Delhi - La Esmeralda I - Los Santanderes - Nazareno - Nueva Jerusalén - Rossendal - Villa Fanny - Sectores Unidos - Nelson Mandela - La Esmeralda II <b>UCG # 15:</b> Vista Hermosa - Luis Carlos Galán - El Reposo - San Pedro Martir - La Victoria - Los Jardines - La Consolata - El Educador - Jaime Pardo Leal - Henequen - Manuela Vergara de Curi - Urb- Cooperativo	Pasacaballos
		UCG # 12		
		UCG # 13		
		UCG # 14		
		UCG # 15		

Tabla 9. Distribución del Territorio.

Fuente: Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias-Secretaría de Planeación

### 8.3 Distribución Hogares e Instituciones

El Distrito de Cartagena de Indias está conformado por 206.634 hogares DANE (2005). Las instituciones de educación media la conforman 437 colegios, y 30 instituciones de educación superior, entre técnicas, tecnológicas y universitarias, según datos de la Secretaria de Planeación de la Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias.

### 8.4 Población

Según el Departamento Nacional de Estadísticas DANE, en el Censo de población de 2005, Cartagena cuenta con una población total de 845.801 personas. De estas, alrededor de 21% sufre necesidades básicas insatisfechas (NBI) y un 7% se encuentra en miseria.

Las proyecciones de crecimiento poblacional para el 2010, el censo DANE (2005) la establece en 944.250 habitantes como se muestra en la tabla 10, y el promedio de personas por hogar lo establece en 4,3. (Ver grafico 4)

<b>Viviendas, Hogares y Personas</b>				
<b>Área</b>	<b>Viviendas Censo</b>	<b>Hogares General</b>	<b>Personas 2005</b>	<b>Proyección Población 2010</b>
Cabecera	183.255	195.056	845.801	899.200
Resto	10.910	11.578	49.599	45.050
<b>Total</b>	<b>194.165</b>	<b>206.634</b>	<b>895.400</b>	<b>944.250</b>

*Tabla 10. Vivienda, Hogares y Personas en Cartagena  
Fuente: DANE, censo general 2005, perfil Cartagena.*



### Promedio de personas por hogar

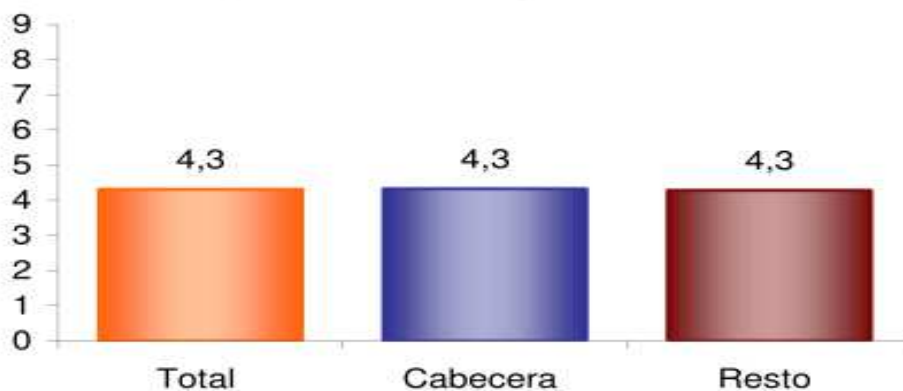


Grafico 4. Promedio de personas por hogar en Cartagena

Fuente: DANE (2005), censo general perfil Cartagena

## 8.5 Contexto Socioeconómico

La economía de la ciudad se apoya en el sector turismo, industria, comercio exterior, construcción y comercio local. Según el Censo del DANE de 2005, el 47.9% de los establecimientos se dedican al comercio, el 40.6% a servicios, el 10.4% de los establecimientos se dedican a la industria y el 1.1% a otras actividades. En Cartagena se encuentra la zona de desarrollo industrial y manufacturero más importante de la Costa Atlántica, el Parque Industrial de Mamonal, localizado a 12 kilómetros al sureste de la ciudad. Una de las principales actividades económicas es la industria, la cual aporta aproximadamente un 38% de la producción total de la ciudad y genera un 10% del total de puestos de trabajo. Según la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) que realizó el DANE (2009), Cartagena es la cuarta ciudad de mayor producción industrial de Colombia, aportando el 6.5% de lo producido por la industria del país. La gran industria de la ciudad reúne más de 109 empresas, donde el 42% de valor agregado de la industria corresponde a productos derivados de la refinación del petróleo, el 31% corresponde a sustancias químicas, el 10% a alimentos y bebidas, el 8% a la fabricación de productos plásticos y el 4% a productos minerales no metálicos. Además, la ciudad cuenta actualmente con tres zonas francas, estas son: Zona Franca de la Candelaria localizada en el corazón del Parque Industrial de Mamonal; Zona Franca Industrial de Bienes y Servicios Cartagena – Zofranca S.A. y la Zona Franca Comercial.

Es importante destacar que la ciudad posee una característica especial en su contexto ambiental, poseer un rico ecosistema de manglares y estar completamente rodeada de

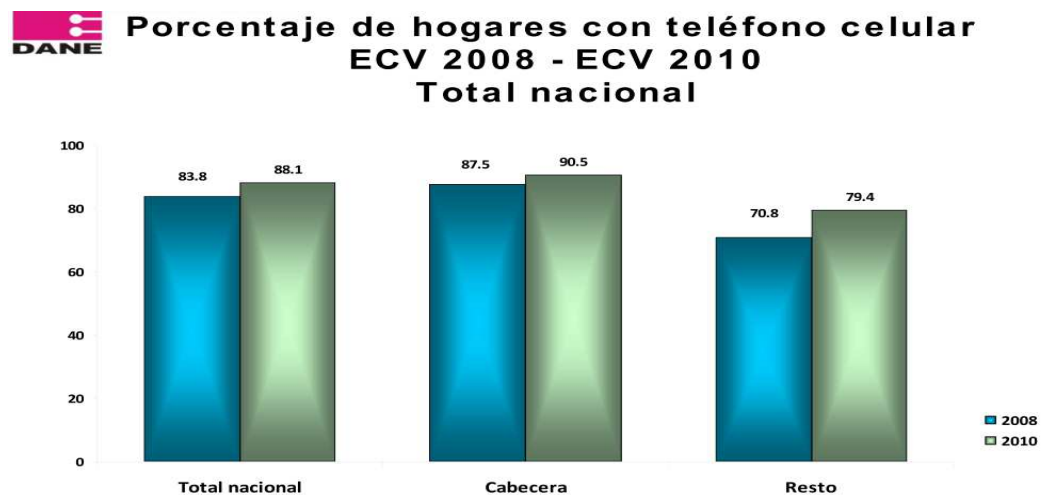
ciénagas, lagunas, caños y el mar Caribe, los cuales cabe resaltar en algunos sectores son objeto de disposición de muchos residuos.

### ➤ Principales Canales de Comercialización

Los principales canales de comercialización en la ciudad están conformado por grandes superficies como: Almacenes Éxito, Homecenter, Makro, Carrefour, Supertiendas Olímpica, Homemart, siendo los más importantes.

## 8.6 Estadísticas de Calidad de Vida

Según el Departamento Nacional de Estadísticas-DANE (2010), en su encuesta de calidad de vida, el grado de penetración de AEE en los hogares se presenta como sigue. El 88.1% de la población posee teléfono celular (ver grafico 5); el 45.5% posee maquina lavadora, el 75.5 % posee nevera; el 90.4 % posee TV a color (ver grafico 6). Así mismo el 49.5% posee equipo de sonido y el 29.6 computador (ver grafico 7).



*Grafico 5. Hogares con teléfono celular  
Fuente: Encuesta calidad de vida DANE (2010)*

### Bienes que posee el hogar ECV 2008 - ECV 2010 Total nacional

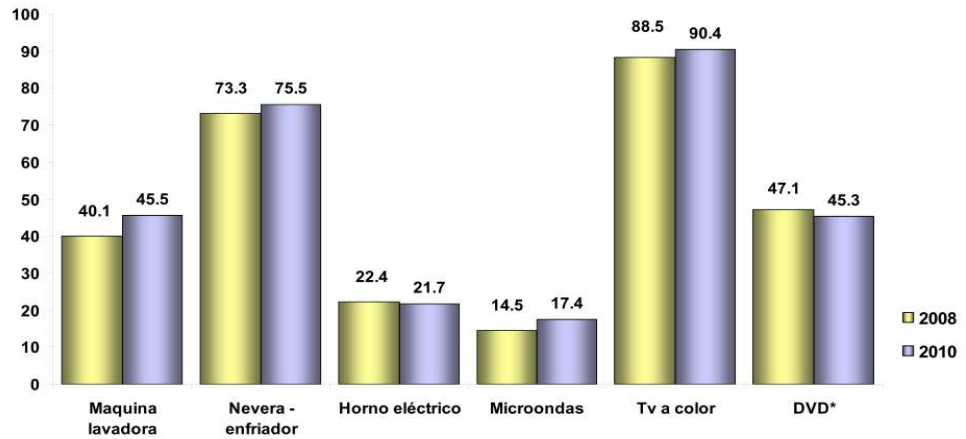


Grafico 6. Bienes que posee el hogar.  
Fuente: Encuesta calidad de vida DANE (2010)

### Bienes que posee el hogar ECV 2008 - ECV 2010 Total nacional (Cont.)

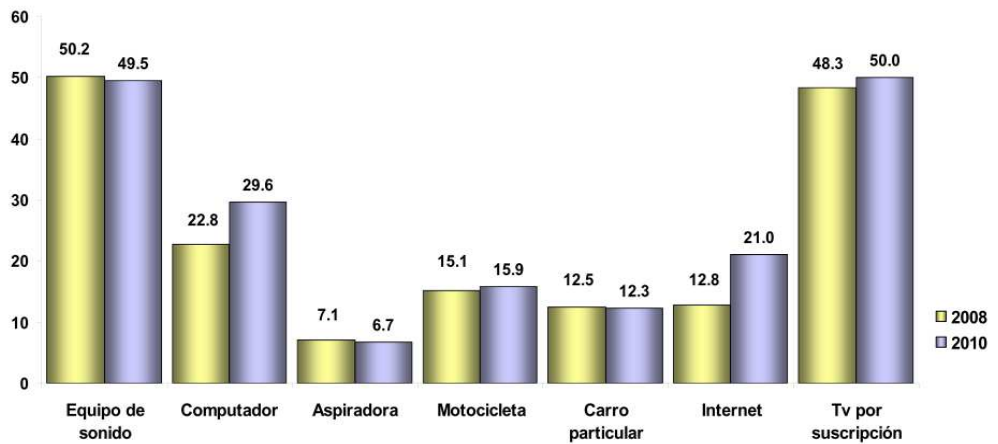


Grafico 7. Bienes que posee el hogar.  
Fuente: Encuesta calidad de vida DANE (2010)

## **8.7 Norma de Uso del Suelo**

La norma que reglamenta el uso del suelo es el Plan de Ordenamiento Territorial, norma expedida por la Alcaldía de Cartagena de Indias mediante Decreto 0977 de 20 de noviembre de 2001, por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias, el cual contempla proyectos estratégicos en el área urbana.

Uno de los proyectos estratégicos que permitirán consolidar y complementar el desarrollo de la ciudad a partir de centralidades urbanas es el siguiente:

### **➤ Corredor Logístico e Industrial de El Bosque.**

Comprende la renovación del área que integra las zonas de Manga y El Bosque con la zona Industrial de Mamonal, mediante la localización de actividades logísticas, comerciales, financieras y de apoyo a los sectores productivos a lo largo del nuevo corredor de acceso rápido a la variante.

## **9. EL MODELO OPERATIVO DEL PROYECTO PILOTO**

### **9.1 Sistema de Gestión de RAEE**

Realf et al, 2004, (citado por Hoyos, 2011, pp. 19.) plantean la importancia y la necesidad de tener un sistema de gestión de residuos electrónicos eficiente, que combine tecnología para el reciclaje y sistemas de recolección aceptables para la sociedad; este planteamiento es apoyado por Robinson 2009, (citado por Hoyos, 2011, pp. 19.) quien identifica la necesidad de los sistemas de gestión de residuos electrónicos para recuperar los materiales valiosos presentes en los mismos, generando el mínimo impacto ambiental.

El Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías EMPA, a través de su experiencia nacional e internacional acerca de los RAEE como entidad de control y asesoría de la gestión de residuos electrónicos en Suiza (desde los principios de los años 90), propone una metodología para constituir un sistema de gestión de RAEE basada en 7 pilares, los cuales se muestran en la Grafico 8. En esta se observa que el pilar *Cantidades y Sistema actual* (en naranja) dan una base inicial para la planificación y el desarrollo de todos los demás pilares. En consecuencia y

Según Kang (2006), “la estimación de los montos futuros de los desechos electrónicos en función del tiempo es fundamental para una efectiva e-gestión de residuos”.



*Grafico 8. Los 7 Pilares de un sistema de gestión de RAEE  
Fuente: Bornand 2007, SWICO*

Para efectos de implementación de esta propuesta piloto, partimos de la base que en Colombia existe una normativa ambiental amplia, mas no suficiente, y que en materia de RAEE está en curso en el Congreso de la República hasta el momento de esta propuesta el Proyecto de Ley número 17 de 2010, mediante el cual se pretende regular la Política Pública de Residuos Eléctricos y Electrónicos RAEE en Colombia. Además el Ministerio del Medio Ambiente ha emitido Resoluciones en el año 2010 sobre la Responsabilidad Extendida del Productor y la obligación de implementar sistemas de gestión. Así mismo en el marco de este proyecto de Ley se propone la forma de viabilizar instrumentos económicos y financieros que faciliten la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Un sistema de información que establezca mapa nacional y/o estadísticas de consumo clasificado de aparatos eléctricos y electrónicos; mapa de sectorización de las pequeñas, medianas y grandes industrias de importación y/o fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos; registro de productores y comercializadores de aparatos eléctricos y electrónicos en el país; registro de las marcas y características de los aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado nacional.

## **9.2 Cantidades y Sistema Actual**

Este componente se refiere a los estudios diagnósticos sobre residuos electrónicos, para ello es fundamental conocer las estadísticas de producción de AEE, datos de importación y estadísticas de consumo en las ciudades donde se implemente un sistema, de manera que se pueda establecer la base instalada de AEE y así poder estimar los cálculos de producción de RAEE, y las proyecciones de los mismos.

## **9.3 Retoma, Recolección y Reciclaje**

Papaoikonomou et al. (2006) identifican las diferentes alternativas para el manejo y tratamiento de los residuos electrónicos incluyendo el reuso, la separación, el reciclaje, la refinación o la generación de flujos transnacionales. Los procesos de retoma, recolección y reciclaje son los procesos clave para un sistema de gestión de residuos electrónicos, ya que en estos recae la responsabilidad de la recolección de los dispositivos, los diferentes procesos de separación, aprovechamiento de los componentes y en el caso necesario la correcta disposición de los elementos que no pueden ser aprovechados.

## **9.4 Organización y Responsables.**

En sentido de lo anterior quien opere el servicio de gestión de RAEE debe apoyarse, además de los generadores de residuos del tipo profesional, en las comunidades a través de los medios que para ello se tengan organizados, es decir, cooperativas u ONG's. De manera que se le dé carácter inclusivo al sistema y no sea de la total exclusividad de un Gestor.

### **➤ Administración del Sistema.**

La administración del sistema que se propone es de gestión alternativa de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que incluye la recogida, transporte, almacenamiento temporal, la reutilización y el tratamiento (reciclaje, recuperación y valoración) de los RAEE y / o sus componentes y sus subconjuntos. En toda esta cadena de gestión es importante la participación de las cooperativas de RAEE como las mejores socias de la empresa que haga de gestora, pues son ellas las llamadas a generar todo el proceso de recogida de los residuos de carácter domiciliario y algunos de carácter profesional como el de las instituciones educativas de las unidades comuneras de gobierno (UCG).

### ➤ **Diseño del Sistema en Colombia.**

En momentos en que la Ley de RAEE en Colombia apenas se discute en el Congreso de la República, el Ministerio del Medio Ambiente ha expedido resoluciones que establecen procedimientos para productores y distribuidores en el marco de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Para ello se ha constituido un comité nacional de RAEE que agremia alrededor de 40 empresas productoras y distribuidoras, las cuales se presume<sup>3</sup> ya han presentado ante el ministerio de medio ambiente la propuesta individual o colectiva de cómo van a gestionar sus residuos. Mientras esto sucede, se espera la aprobación de la ley de RAEE con todo lo que ello implica, inclusive la reglamentación de la tasa o el fondo de financiación del sistema, propuesta que debe ser del consenso de los agremiados del momento.

### ➤ **Empresas del Sector RAEE en Colombia.**

En Colombia existen pocas empresa encargadas de la gestión integral de RAEE, de las más conocidas en el tema están: C.I Recyclables, Belmont Trading, Gaia Vitare y Lito Ltda, entre otras. Algunas de estas empresas cuentan con línea de tratamiento de pequeños electrodomésticos como los monitores, pero carecen de procesos para el tratamiento de grandes electrodomésticos como neveras y aires acondicionados que permitan capturar y encapsular los gases que en el proceso se generan. Otras se encargan de gestionar los residuos peligrosos y hacer la correcta disposición de ellos. En suma, una vez se establezca todo el sistema, se requiere de una o varias empresas que puedan tratar todas las líneas de procesos, tanto para grandes como pequeños AEE, que puedan procesar los metales valiosos que existen en los circuitos impresos y que hagan la correcta disposición de los residuos peligrosos.

## **9.5. Diagrama del Sistema Propuesto.**

### ➤ **Retoma y Recolección**

El diagrama que se propone es una adaptación del modelo vía verde de Boni (2009), en el cual se establece el ciclo que recorre el residuo desde su producción hasta la disposición final. Esto es, una vez el AEE cumple con su ciclo de vida útil pasa a ser un

---

<sup>3</sup> La presunción está fundamentada en la respuesta dada por el ministerio ante la solicitud de información que se le hizo acerca de cuantas y cuales empresas tenían un sistema de gestión y recolección selectiva aprobados. Dicha respuesta dice que están aun en evaluación de las solicitudes presentadas, pero se reservan el derecho de emitir listado de los solicitantes.

residuo con fracciones valorizables y no valorizables. Dichos residuos en el sistema propuesto para Cartagena de Indias tendrá dos fuentes de recolección y recuperación: la labor de retoma y recolección corporativa estará a cargo del gestor u operador del servicio una vez reciba la orden de recogida quien hará el tratamiento correspondiente valorizando y haciendo la adecuada disposición de los residuos no valorizables (peligrosos y no peligrosos) con los gestores autorizados.

La labor de retoma y recolección del tipo domiciliario lo harán las cooperativas de RAEE que estén debidamente organizadas y capacitadas quienes prestaran el servicio de recolección domiciliaria, institucional y algunos comercios de barrios como talleres técnicos especializados. Estas operaran con el ECOTRAILER en cada uno de los ECOPUNTOS definidos en cada UCG de la Localidad que corresponda a la cooperativa asignada para ello. Las cooperativas transportaran hacia los Centros Locales de Almacenamiento Temporal y Transferencia (CLAT) ubicados estratégicamente en las UCG número 10, 7 y 11, en estos centros se hará clasificación y servicio técnico a los equipos, especialmente PC's para su remanufacturación y puesta en servicio a los consumidores, sean corporativos o domiciliarios. Lo que no se pueda tratar con el servicio técnico pasara al gestor del servicio quien hará el tratamiento correspondiente.

➤ **Recuperación.**

Se considera el reuso, sistema de reciclaje que desensambla los equipos en desuso, los clasifica, valoriza, vende y exporta. También incluye el proceso de refinería, esto es, para el caso de tarjetas electrónicas con componentes de metales valiosos pasaran a un tratamiento químico para la extracción de dichos metales.

➤ **Disposición Final.**

En estos casos se refiere principalmente a los procesos de envío a relleno de seguridad.

Las etapas de recolección, recuperación y disposición final-reciclaje y refinería dependen de un sistema de financiamiento que cubra los costos correspondientes a las diversas acciones que cada una conlleva. En la recuperación de los metales de valor se encuentran las oportunidades de recuperación económica y por lo tanto de construir un sistema sustentable. Pero no todas las piezas y partes de los equipos tienen el mismo valor; algunas no tienen valor alguno de comercialización. En el caso de los elementos



tóxicos, hay que pagar a las empresas especializadas en la gestión de dichos residuos peligrosos. Estas compañías aseguran su correcta neutralización y/o disposición en espacios legalmente determinados, distintos a los de los residuos sólidos. (Boni 2009).

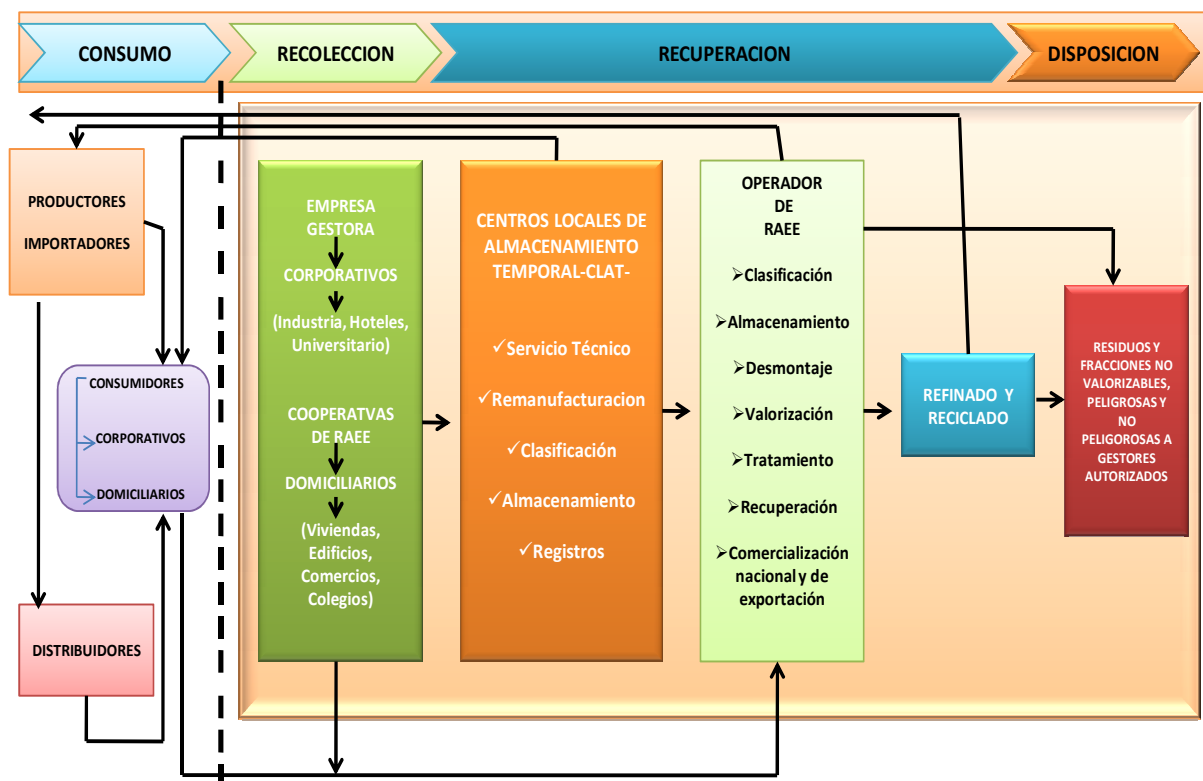


Diagrama 7. Modelo propuesto para el ciclo del RAEE  
Fuente. Adaptado del Modelo Vía Verde de Heinz Boni (EMPA 2009).

## 9.6. Operatividad del Sistema.

### ➤ El Operador del Servicio

En Cartagena está ubicada la empresa Recyclables<sup>4</sup>, esta empresa nace de la propuesta de un grupo de empresas para hacer la gestión de los residuos de cables, pero que luego incursiona en la gestión de otros tipos de residuos eléctricos y

<sup>4</sup> Información suministrada en entrevista por el gerente de la empresa C.I Recyclables S.A. Jaramillo, Juan F.(2011)

electrónicos, como monitores y PC's. En este momento presta servicio profesional a algunas empresas del sector industrial de la ciudad y el país, gestionando alrededor de 500 toneladas/año de residuos de tarjeta de circuito impreso, monitores y cables. Dicha empresa es la potencialmente llamada a prestar el servicio, pues posee alguna infraestructura que le permite hacerlo y un mercado nacional de proveedores y un mercado internacional de exportación para cierto tipo de residuos.

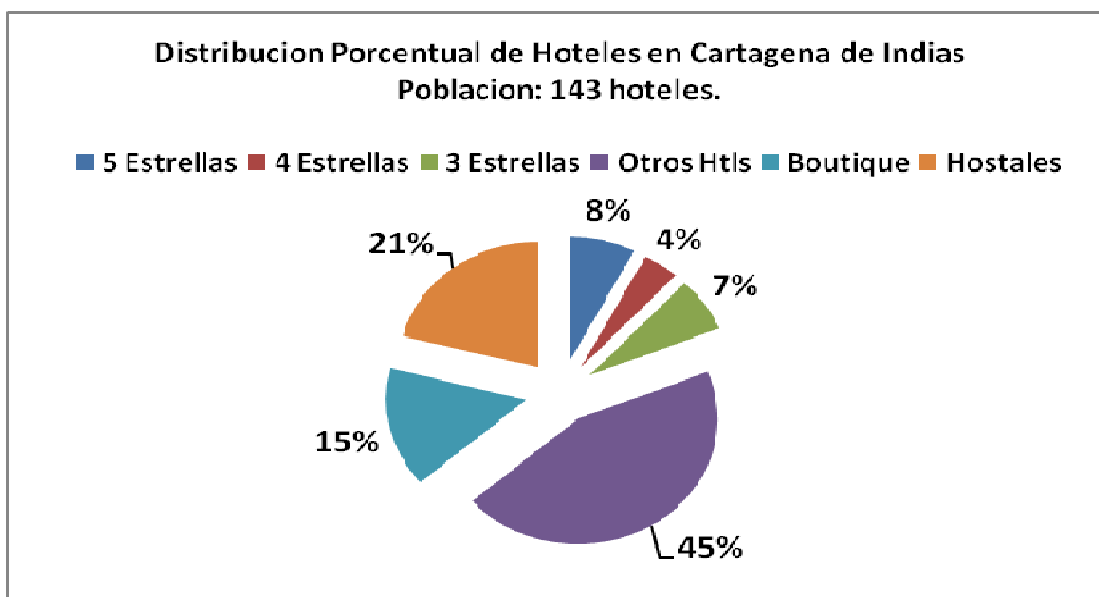
Como potencial operador del servicio para Cartagena, bien puede apoyar todo el componente de retoma, recolección y almacenamiento temporal del sistema con las diferentes cooperativas que existen (14 en total) y, que están vinculadas de alguna manera con los consorcios de aseo urbano, con el fin de fortalecer la gestión de tipo domiciliario que el sistema requiere. De esta manera se garantiza la inclusión del sector cooperativo en el proceso de las mismas y por ende la participación ciudadana en cada una de las Localidades y UCG que la conforman.

➤ **Identificación de RAEE de origen domiciliario.**

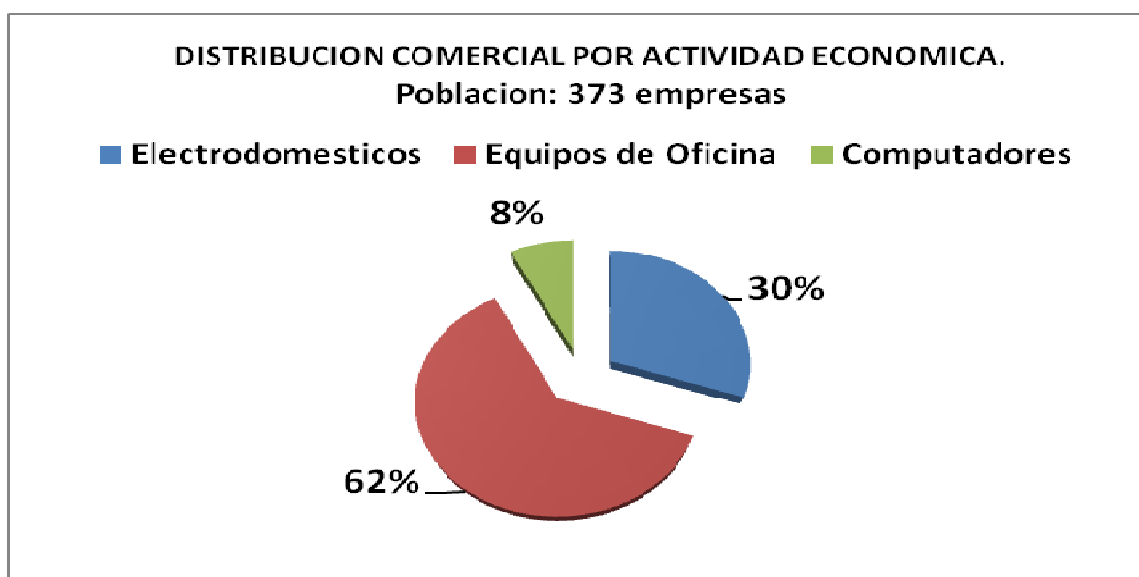
El origen domiciliario de RAEE proviene de los 206.634 hogares distribuidos en las tres (3) Localidades del Distrito de Cartagena de Indias y sus áreas rurales.

➤ **Identificación del Potencial de RAEE de origen profesional**

El sector hotelero es una importante fuente de generación de RAEE de origen profesional. En Cartagena de Indias la infraestructura hotelera según datos del Ministerio de Industria y Turismo, la comprenden 143 hoteles. Los cuales se encuentran distribuidos por categorías como lo ilustra el gráfico 9. Así mismo las más de setenta (70) empresas que conforman la zona industrial de Mamonal y los 437 colegios entre públicos y privados que brindan cobertura educativa a toda la ciudad. De igual manera las 373 empresas del sector comercial, que presenta la siguiente distribución por actividad económica según ilustra el gráfico 10.



*Grafico 9. Distribución Hotelera por categoría en Cartagena de Indias*  
*Fuente: Elaboración del Autor, datos del Ministerio de Industria y Turismo de Colombia.*



*Grafico 10. Distribución Comercial por Actividad en Cartagena de Indias*  
*Fuente: Elaboración del Autor, datos de la cámara de Comercio de Cartagena de Indias.*

## 9.7. Estimación del Potencial de RAEE mediante el método de Ökopol

Lohse Joachim, et al... (1998) del Institut für Ökologie und Politik GmbH (Ökopol) proponen un método a fin de estimar el volumen potencial de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en una región. El método se basa en ciertas suposiciones sobre el tiempo de permanencia estadística (vida útil) de aparatos eléctricos y electrónicos en el hogar antes de que finalmente se conviertan en residuos. El peso medio de cada tipo de aparato, el número de hogares, el número de personas en un hogar promedio y el grado de penetración de AEE en los hogares.

La utilización de este método en la propuesta piloto para Cartagena de Indias es de aproximación, debido a que en estos momentos no se cuenta con una caracterización o diagnóstico de la producción de RAEE en la ciudad, ni se conoce con exactitud la base instalada de AEE, lo cual dificulta la aplicación de cualquier otro método que pretenda tener en cuenta un diagnóstico efectivo de la base instalada de AEE, esto es, estadística de consumo.

### ➤ El Método "Consumo y Uso" de Ökopol

El procedimiento para el cálculo del potencial de RAEE mediante el método del "Consumo y Uso", se establece para cada tipo de AEE, el peso supuesto se multiplica por el número de hogares y el grado de penetración y se divide por el tiempo de vida (en años) para obtener el potencial esperado RAEE anual de una región geográfica determinada. Este ejercicio se repite para todos los grupos de productos de aparatos eléctricos y electrónicos que se supone que están presentes en un hogar con el fin de calcular el potencial total de RAEE por un año. Los datos sobre el número de hogares y el número de personas en un hogar promedio pueden ser tomado de las estadísticas oficiales.

### ➤ Expresión de Ökopol

$Potencial\ RAEE = peso\ supuesto\ del\ AEE * \# \ de\ hogares * grado\ penetración\ en\ hogares / vida\ útil$

### ➤ Potencial Estimado en Cartagena según método de Ökopol

#### ✓ Peso y Vida útil de aparatos eléctricos y electrónicos

La siguiente tabla (ver tabla 11) nos muestra el peso y vida útil de algunos AEE, bases para el cálculo del potencial estimado de RAEE en Cartagena.

Equipo	Peso Ø (kg)	Vida útil Ø (años)
Computador (CPU & monitor)	25	4
Radio	2	10
Equipo de audio	10	10
Reproductor de Video & DVD	5	5
Televisor	30	10
Lavadora	65	8
Secadora	35	10
Lavaplatos	50	10
Nevera	35	10
Congeladora	35	10
Microonda	15	7
Aspiradora	10	10
Plancha	1	10
Tostadora	1	5

Tabla 11. Vida útil y peso promedio de algunos electrodomésticos  
Fuente: United Nations University UNU, 2008.

### ➤ Resultados estimados del calculo

La estimación del cálculo se hace para efectos de cuantificar mediante el método de **Ökopol**, cual es el potencial de RAEE que en estos momentos tiene la ciudad de Cartagena., asumiendo para tal calculo los datos estadísticos del DANE (2010) en cuanto grados de penetración de bienes en el hogar, el número de hogares y personas por hogar en la ciudad. Para lo anterior se tomaron como base de cálculo los electrodomésticos de mayor penetración en los hogares: neveras, televisores, computadores y equipos de sonido.

Los resultados muestran en la tabla 12 como el promedio percapita de residuos eléctricos y electrónicos en las 3 localidades de la ciudad se mantiene en 2, 5 Kgr, y por tanto la presencia de un alto potencial de los mismos en el corto, mediano y largo plazo.

Cabe resaltar que para conocer el potencial real estimado a la fecha de 2011, se tendría que hacer una extrapolación con datos estadísticos del 2001.

LOCALIDAD	EQUIPOS	PESO	VIDA UTIL	GRADO DE PEN.	HOGARES	SUBTOTAL
Historica y del Caribe Norte	Neveras	75	10	75,50%	63.695	360.672,94
	Televisores	30	10	90,40%	63.695	172.740,84
	Equipos de sonido	10	10	49,50%	63.695	31.529,03
	Computadores	25	4	29,60%	63.695	117.835,75
Total Residuos Localidad					<b>682.778,55</b>	
Produccion Hogar					10,7	
Produccion Percapita					<b>2,5</b>	
De la Virgen y Turistica	Neveras	75	10	75,50%	49.407	279.767,14
	Televisores	30	10	90,40%	49.407	133.991,78
	Equipos de sonido	10	10	49,50%	49.407	24.456,47
	Computadores	25	4	29,60%	49.407	91.402,95
Total Residuos Localidad					<b>529.618,34</b>	
Produccion Hogar					10,7	
Produccion Percapita					<b>2,5</b>	
Industrial y de la Bahia	Neveras	75	10	75,50%	55.865	316.335,56
	Televisores	30	10	90,40%	55.865	151.505,88
	Equipos de sonido	10	10	49,50%	55.865	27.653,18
	Computadores	25	4	29,60%	55.865	103.350,25
Total Residuos Localidad					<b>598.844,87</b>	
Produccion Hogar					10,7	
Produccion Percapita					<b>2,5</b>	

Tabla 12. Calculo producción de residuos por Localidad

Fuente: cálculos del autor

## 10. LA GESTION DE RESIDUOS DE ORIGEN DOMICILIARIO

### 10.1 Retoma, Recolección y Reciclaje

Las estrategias para la implementación de retoma y recolección de RAEE del tipo domiciliario se basan en los datos de la tabla 13 que se presentan por Localidad; tales como: el número de hogares, colegios, centros comerciales y distribución de número de barrios. Dichos datos son el eje de la planeación logística en cuanto al establecimiento de micro y macrorutas, las cuales tendrán como puntos de partida los “Puntos Comunitarios de e-waste” o ECOPUNTOS, situados en los colegios de mayor cobertura educativa existentes en cada una de las UCG. Lo anterior, se establece mediante los vehículos para la recogida selectiva por barrios, llamados “ECOTRAILER”.

LOCALIDAD	DATOS	CANTIDAD	DESCRIPCION	ECOTRAILER	CLAT
<b>Histórica y del Caribe Norte</b>	Población	388,489			
	Hogares	90.346			
	Colegios	175	<b>12 Ecopuntos</b>		
	Centros comerciales	17			
	UCG	6	1,2,3,8,9,10		<b>UCG10</b>
	Barrios	74		<b>12 vehículos</b>	
LOCALIDAD	DATOS	CANTIDAD	DESCRIPCION	ECOTRAILER	CLAT
<b>De la Virgen y Turística</b>	Población	334,383			
	Hogares	77.763			
	Colegios	128	<b>6 Ecopuntos</b>		
	Centros comerciales	3			
	UCG	4	4,5,6,7		<b>UCG7</b>
	Barrios	38		<b>6 vehículos</b>	
LOCALIDAD	DATOS	CANTIDAD	DESCRIPCION	ECOTRAILER	CLAT
<b>Industrial y de la Bahía</b>	Población	346,883			
	Hogares	55.865			
	Colegios	134	<b>6 Ecopuntos</b>		
	Centros comerciales	3			
	UCG	5	11,12,13,14,15		<b>UCG11</b>
	Barrios	64		<b>6 Vehículos</b>	

Tabla 13. Propuesta de distribución de Ecotrailer y CLAT por Localidad.

Fuente: Elaboración del autor, a partir de información de la Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, Secretaría de Planeación.

## 10.2 Puntos Comunitarios de e-waste-“ECOTRAILER”

A diferencia de España, en donde se establecieron puntos limpios para que los ciudadanos lleven y dispongan sus residuos electrónicos, en esta propuesta se proponen los “Puntos Comunitarios de e-waste” o ECOPUNTOS, dinamizados por un tipo de vehículo que llamaremos “ECOTRAILER”, los cuales llegarán a las comunidades con una frecuencia establecida para la recogida selectiva. Este sistema se presenta como el más adecuado para una correcta recogida de aparatos eléctricos y electrónicos, lo que permitirá la consecución de objetivos y metas de recogida. Los “ECOTRAILER” serán atendidos por personal especializado a fin de garantizar la manipulación adecuada de los residuos, así como su posterior clasificación. Además, ofrecerán a la población información sobre temas sociales y medioambientales de interés general, por lo que también serán un punto de referencia, de divulgación y sensibilización ciudadana sobre el tema de los RAEE. Cada uno de estos vehículos tendrá capacidad para cargar y transportar de 250 a 300 Kilos.



TAMAÑO	H	L	W
12X6	600mm	3600mm	1800mm

Grafico 11. Modelo del ECOTRAILER a utilizar en el proceso.

Fuente: <http://www.trailers2000.com.au/Trailer-Showroom.html>



## ➤ **Recogida**

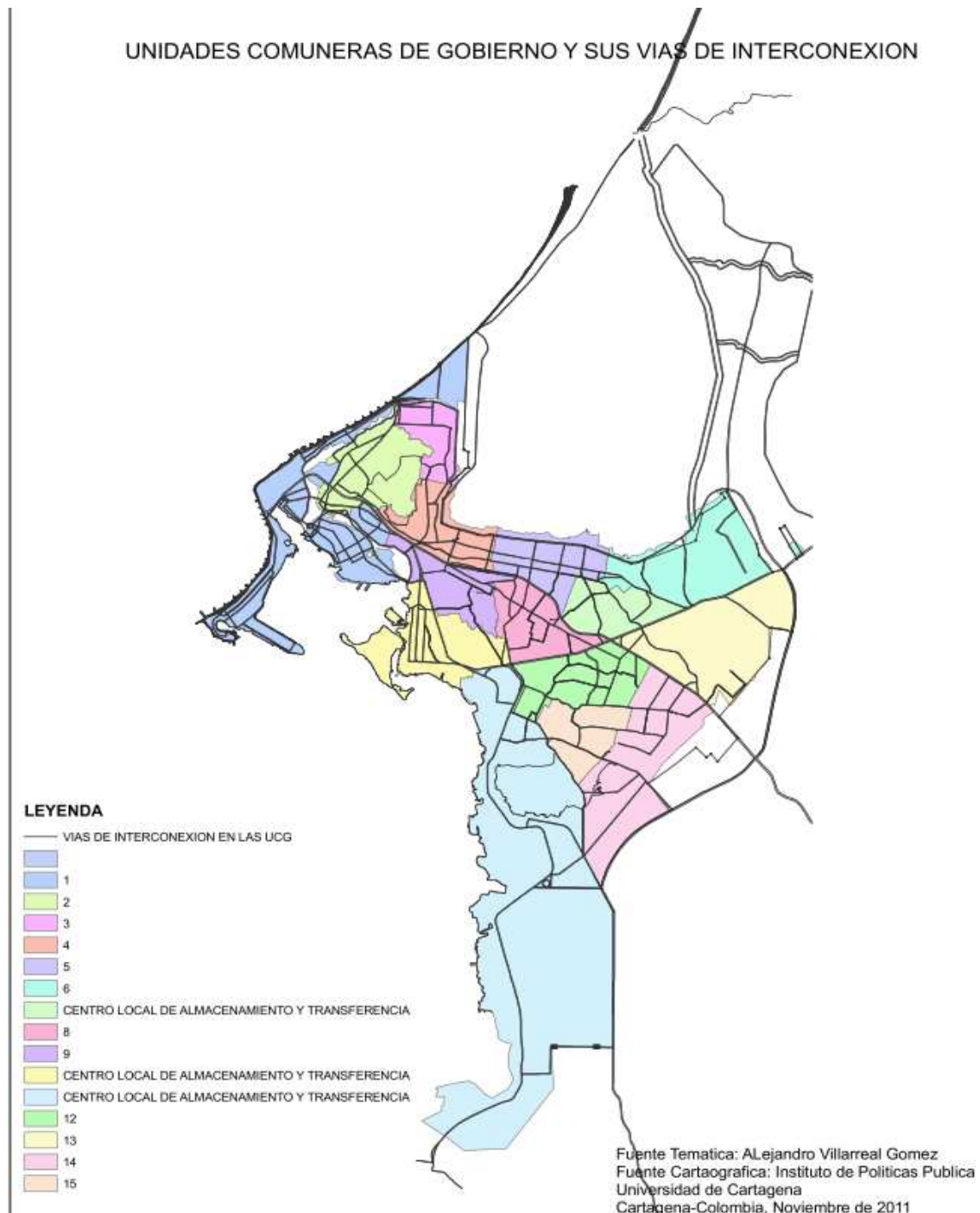
De acuerdo al potencial estimado de producción de residuos se establecen las micro rutas de recogida selectiva por UCG, estableciéndose como lo muestra la tabla 13; así por ejemplo: 12 Ecotrailer en cada uno de los 12 ECOPUNTOS previamente establecidos en la Localidad Histórica y del Caribe Norte que le darán cobertura a 74 sectores, incluidos 17 centros comerciales y 175 colegios de enseñanza media con quienes se harán convenios para la prestación del servicio en el marco del desarrollo de los Proyectos Educativos Institucionales y los Programas Ambientales Escolares (PRAES), los cuales son obligatorios en cada institución por Ley 115 de educación.

Seis (6) Ecotrailer en cada uno de los 6 ECOPUNTOS previamente establecidos en la Localidad de la Virgen y Turística, que harán la micro ruta en 38 barrios y 128 colegios, además las campañas de recogida en 3 centros comerciales. Y, otros seis (6) Ecotrailer en cada uno de los 6 ECOPUNTOS previamente establecidos que harán su cubrimiento en la Localidad Industrial y de la Bahía que comprende 64 barrios y 134 colegios.

De lo anterior podemos inferir y atendiendo la máxima capacidad de carga de un Ecotrailer de 300 kilos, que cada jornada exitosa de recogida puede estar generando al menos unas de 28.8 Toneladas/mes de solo residuos domiciliarios. Esto es apenas el 14% de los hogares, representando 28.929 hogares, lo que significa en teoría que se deben organizar de 7 a 8 jornadas por mes, es decir 2 jornadas por semana para garantizar cobertura del 98% en el servicio de recogida y un volumen de 230.4 toneladas.

El siguiente mapa (ver mapa 3) muestra la distribución de las unidades Comuneras de Gobierno (UCG) y sus principales vías de interconexión. Cabe aclarar que las vías que se muestran carecen de nombres en los archivos shape originales, lo cual es importante para la planificación de las micro rutas de retoma y recolección en cada UCG.

## UNIDADES COMUNERAS DE GOBIERNO Y SUS VIAS DE INTERCONEXION



Mapa 2. Identificación de Unidades Comuneras de Gobierno y sus vías de Interconexión  
Fuente: elaboración del Autor

### ➤ **Frecuencia**

La frecuencia para la recogida selectiva domiciliaria se establecerá en acuerdo con las Juntas de Acción comunal (JAC), al menos una vez por mes, tomando los puntos de mayor afluencia en cada sector dado los numerosos barrios que comprenden cada UCG. En cuanto a instituciones de educación media y talleres de servicio especializado, se harán una vez por mes durante dos días consecutivos; ambas frecuencias previa concertación y planificación con los generadores.

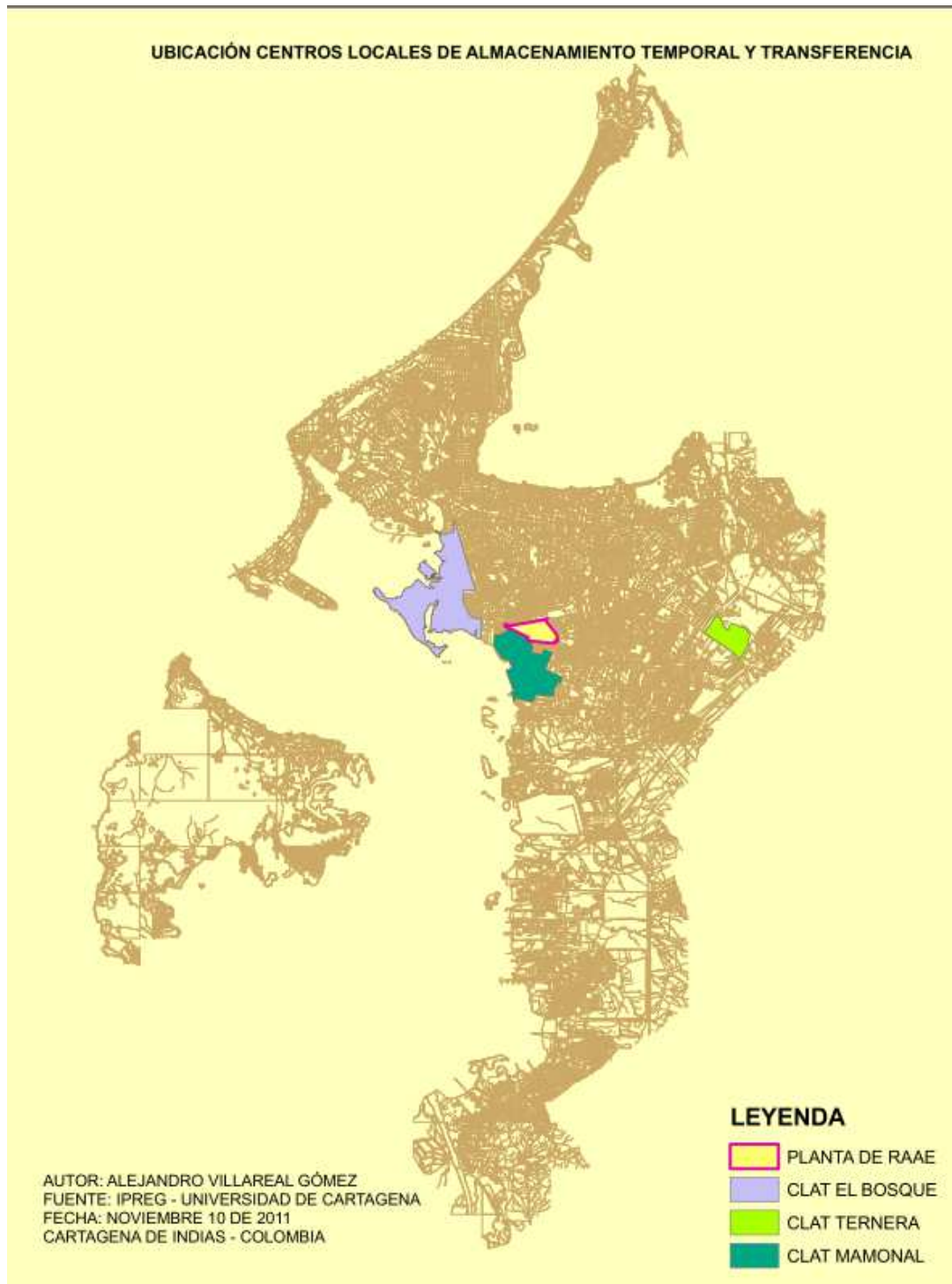
### ➤ **Horario de recogida**

El servicio de recogida a los ciudadanos estará sujeto al horario de atención que se establezca a fin de evitar cualquier mezcla o manipulación incorrecta de los RAEE con los residuos ordinarios domiciliarios.

## **10.3 Centros Locales de Almacenamiento Temporal y Transferencia de e-waste-CLAT.**

Una vez cumplidas las rutas de recogida selectiva y las campañas institucionales, los residuos se trasladan a los Centros de Locales de Almacenamiento Temporal y Transferencia (CLAT) para su clasificación, revisión y remanufacturacion en lo posible para devolverlos al reuso y alargar su vida útil. Lo que no sea susceptible de reparación pasara del CLAT al gestor para su completo tratamiento.

El siguiente mapa ilustra los puntos donde funcionarán los CLAT y la planta de tratamiento ubicados en las UCG 7, 10 y 11.



*Mapa 3. Ubicación de Centros Locales de Almacenamiento Temporal y Transferencia*  
*Fuente temática: Alejandro Villarreal Gómez*  
*Fuente cartográfica: Instituto de Políticas Públicas Regionales-IPREG.-Universidad de Cartagena*

## 10.4 La sensibilización del público, estrategias de divulgación

La información, divulgación y sensibilización ciudadana sobre el tema de los RAEE se hará mediante la difusión de boletines informativos puerta a puerta, publicidad radial a través de emisoras comunitarias y universitarias, apoyo publicitario del comercio de electrodomésticos y computadoras. Utilización como principales aliados para la divulgación en los sectores (Barrios) a las Juntas de Acción Comunal, órgano orientador del desarrollo local de las comunidades y, a las administraciones de los edificios de apartamentos quienes recibirán talleres de capacitación en el manejo de RAEE y la gestión adecuada de los mismos desde el hogar.

## 10.5 Trazabilidad del Residuo



Diagrama 8. Trazabilidad del Residuo

Fuente: Elaboración del Autor

## **10.6 Organización y Responsables**

### **➤ Cooperativas de RAEE en las Localidades.**

La organización de la recogida selectiva, divulgación, servicio técnico, campañas con instituciones y comercios, corresponderá en el sistema a las Cooperativas de RAEE que se establezcan para la prestación del servicio en cada Localidad.

En Cartagena de Indias existen 14 Cooperativas<sup>5</sup>, que en convenio con el consorcio de aseo urbano Promotora Ambiental del Caribe, PACARIBE, prestan el servicio de recogida en zonas donde el consorcio no llega con la prestación del servicio. Estas Cooperativas cuentan con cerca de 20 miembros cooperados. Las mismas bien pueden cualificarse en el tema de manipulación de RAEE, así como la incorporación de técnicos entre sus miembros o bien convenir el servicio técnico especializado en los CLAT.

Este proceso de cualificación debe ser liderado y supervisado por el gestor del servicio, quien finalmente será el responsable de todo el proceso que las Cooperativas desarrollen.

## **11. LA GESTION DE RESIDUOS DE ORIGEN PROFESIONAL**

La gestión de los residuos del tipo profesional, es decir, del sector industrial, hotelero y grandes distribuidores lo hará el gestor del servicio de manera directa, para ello establecerán los convenios o contratos a que haya lugar para la prestación del servicio de recogida y posterior disposición final.

### **11.1. El Gestor de RAEE**

Quien haga de Gestor de Residuos Eléctricos y Electrónicos en Cartagena de Indias, debe al menos contar con la infraestructura y tecnología disponible como la que, a modo de ejemplo, dispone la empresa RECILEC de Sevilla, España, la cual se describió anteriormente en este proyecto. Entre otros aspectos debe contar con tecnologías para el tratamiento de PUR y gases refrigerantes presentes en neveras y aires acondicionados, polvo fosforoso y mercurio en bombillas fluorescentes, plomo en el vidrio de cono de monitores, metales valiosos presentes en tarjetas de circuito impreso,

---

<sup>5</sup> Dato suministrado por el consorcio PACARIBE S.A E.S.P: Empresa Promotora Ambiental de Aseo Urbano del Caribe.

residuos peligrosos como baterías y los PCB(agentes cancerígenos contenidos en los condensadores de muchos aparatos),metales pesados, tubos de rayos catódicos (panel de vidrio que contiene metales pesados como el bario, el estroncio o el plomo), materiales pirorretardantes bromados, que protegen contra la inflamabilidad (en circuitos impresos o conectores y cables). Además, contar también con un número suficiente de metros cuadrados bajo techo disponibles para todas las operaciones de almacenamiento y tratamiento.

## **11.2. Tecnologías en la Planta de Tratamiento**

La planta de tratamiento debe contar con cuatro grandes líneas de procesos que traten: Línea Blanca: neveras, congeladores, y aire acondicionado; Línea de Monitores: Televisores convencionales de tubos de rayos catódicos TRC y planos; Línea de PC´s y Equipos de audio y una Línea de lámparas fluorescentes.

### **➤ Técnicas de Reciclaje**

Existen cuatro métodos utilizados para reciclar:

- ✓ Desmontaje y separación manual de los componentes del aparato de los componentes del aparato.
- ✓ Reciclaje mecánico: extracción y triturado de materiales.
- ✓ Incineración y refinado, para la recuperación de metales.
- ✓ Reciclaje químico, de metales preciosos (oro, plata...) de las placas de circuitos impresos.

Las nuevas tecnologías existentes para reciclar varían en función del tipo de aparatos y de sus componentes principales

### **➤ Metales**

La primera separación que se establece es entre metales férreos (hierro, acero) y no férreos (aluminio, cobre, metales preciosos). La separación de metales férreos mediante imantación es sencilla. Los metales pueden recuperarse mediante trituración, incineración o enfriamiento. Algunos procesos químicos permiten separar los metales preciosos como el oro o la plata de los paneles de circuitos impresos.

### ➤ **Vidrio**

La identificación y separación de los productos con elementos de vidrio es complicada debido al contenido en metales pesados de estos materiales, principalmente televisores y monitores.

El tubo de rayos catódicos se divide en vidrio de la pantalla (compuesto de bario y estroncio) y en vidrio cónico del embudo (con alto contenido en plomo). Para la separación y el reciclaje de estos vidrios se utilizan métodos mecánicos y térmicos, combinados con métodos químicos para la recuperación de polvos de metales.

### ➤ **Plásticos**

La complicación del reciclado del plástico está en la correcta clasificación de los diferentes tipos de polímeros. La mayoría de recicladores utilizan la separación manual, aunque se está empezando a implantar la identificación de los polímeros comunes mediante rayos X y sensores de luz visible o rayos infrarrojos. Otros sistemas mecánicos incluyen la clasificación por aire, flotación o separación electrostática o espectroscópica. También existen procesos químicos que separan los polímeros y eliminan agentes contaminantes.



## 12. ESTIMACIONES FINANCIERAS EN EL PROYECTO

El siguiente análisis financiero se hace con base en estimaciones de precios del mercado (ver tabla 15) de algunos metales y otros residuos, de los cuales se ha hecho un estimativo del precio para poder proyectar los cálculos de ingresos por tonelada métrica de RAEE en un horizonte de planeación a 5 años.

PRECIOS DE MERCADO INTERNACIONAL		
RESIDUO	PRECIO	UNIDAD
VIDRIO	\$ 300.000	TON/M
PLASTICO	\$ 400.000	TON/M
HIERRO	\$ 750.000	TON/M
ALUMINIO	\$ 2.500.000	TON/M
COBRE	\$ 5.000.000	TON/M
CABLES	\$ 3.000.000	TON/M
TARJETAS	\$ 2.000.000	TON/M
<b>PRECIO PROMEDIO</b>	<b>\$ 1.992.857</b>	

Tabla 14. Precios de Mercado por Tonelada Métrica

Fuente: Consulta a la Bolsa de Residuos de Colombia en: [http://www.borsi.org/html/consultar\\_ofertas\\_y\\_demandas.asp](http://www.borsi.org/html/consultar_ofertas_y_demandas.asp)

La estructura de gastos e inversiones se presenta en las siguientes tablas como se ilustra a continuación:

### 1. GASTOS DE PERSONAL

Personal Administrativo en Planta			
Descripción	Cantidad	Salario (millones)	Total
Gerencia General	1	4.000,000	4.000,000
Secretaria de Gerencia	1	1.000,000	1.000,000
Dirección Financiera	1	1.700,000	1.700,000
Dirección de Mercadeo y Relaciones con la Comunidad	1	1.500,000	1.500,000
<b>Total Personal Administrativo en Planta</b>			<b>8.200,000</b>

<b>Personal Técnico en Planta y Centros Locales de Almacenamiento Temporal(CLAT)</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario (millones)</b>	<b>Total</b>
Ingeniero de Planta	1	2.500,000	2.500,000
Supervisor de Línea	4	1.500,000	6.000,000
Técnicos Especializados	6	1.200,000	7.200,000
Operarios en CLAT	9	900,000	8.100,000
Supervisores en CLAT	3	2.000,000	6.000,000
Operarios en la retoma y recogida	24	461,500	11.076,000
Conductores de Vehículo	24	461,500	11.076,000
Seguridad en CLAT	3	900,000	2.700,000
<b>Total Personal Técnico en Planta y CLAT</b>			<b>54.652,000</b>
			<b>ANUALMENTE</b>
			<b>754.224,000</b>

## 2. GASTOS GENERALES

<b>Gastos y Dotaciones del Personal</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (millones)</b>	<b>Total</b>
Alquiler de bodega de 900 mts cuadrados	4	3.000,000	12.000,000
Dotaciones de personal en planta y CLAT	60	1.000,000	60.000,000
Servicio de energía	4	1.300,000	5.200,000
Servicio de teléfono	4	200,000	800,000
Servicio de agua	4	200,000	800,000
Estrategias de divulgación y publicaciones	1	1.000,000	1.000,000
Papelería de oficina y otros	1	1.000,000	1.000,000
Recolección, Transporte y Mantenimiento	24	500,000	12.000,000
<b>Total Personal Administrativo en Planta</b>			<b>92.800,000</b>
			<b>92.800.000</b>
			<b>60.000.000</b>
			<b>32.800.000</b>
			<b>ANUALMENTE</b>
			<b>393.600.000</b>
			<b>DOTACIONES</b>
			<b>60.000.000</b>
			<b>TOTAL ANUAL</b>
			<b>453.600.000</b>

### 3. INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS

INVERSIONES FIJAS				
Descripción	Vida Útil (En Años)	Cantidad	Inversión Inicial	Total
Ecotrailers	10	24	8.000,000	192.000,000
Vehículos	10	12	40.000,000	480.000,000
Equipos y Herramientas	10	20	2.000,000	40.000,000
Muebles y Enseres	5	10	1.500,000	15.000,000
Dotación de basculas capacidad 3 Ton, sensibilidad 500gr	10	1	9.000,000	9.000,000
Dotación de basculas capacidad 5 Kilos, sensibilidad 1 gr	10	3	800,000	2.400,000
Dotación de computadores	5	10	1.000,000	10.000,000
Línea de proceso para aires acondicionado y neveras	10	1	4.000.000,000	4.000.000,000
Línea de proceso para monitores y pantallas	10	1	1.500.000,000	1.500.000,000
Línea de proceso para lámparas fluorescentes	10	1	1.200.000,000	1.200.000,000
Línea de proceso para desensamble de PC y otros equipos	10	1	1.200.000,000	1.200.000,000
Terrenos		1	1.000.000,000	1.000.000,000
<b>Total Inversiones en Activos fijos</b>				<b>9.648.400,000</b>
				Maq y Equipos
				9.153.400.000,00
				<b>9.153.400.000,00</b>

Tabla 15. (1,2 y 3). Estructura de Gastos e Inversiones

Fuente: Elaboración del Autor

#### 1. PROYECCION DE LAS VENTAS EN TONELADAS/AÑO

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Toneladas Vendidas de RAEE		1.000	1.150	1.346	1.548	1.734
Precio promedio de Venta/Tm de residuo		\$ 2.000.000	\$ 2.150.000	\$ 2.311.250	\$ 2.473.038	\$ 2.633.785
Crecimiento de Demanda		10,00%	15,00%	17,00%	15,00%	12,00%
Inflación		8,00%	7,50%	7,50%	7,00%	6,50%
Crecimiento Real		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>VENTAS PROYECTADAS</b>		<b>\$ 2.000.000.000</b>	<b>\$ 2.472.500.000</b>	<b>\$ 3.110.942.500</b>	<b>\$ 3.828.262.050</b>	<b>\$ 4.566.983.082</b>

## 2. INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Terreno	\$ 1.000.000.000					
Edificios	-					
Maquinaria y Equipo	\$ 9.153.400.000					
Muebles y Enseres	\$ 15.000.000					
Vehículo	\$ 480.000.000					
<b>TOTAL INV. ACTIVOS FIJOS</b>	<b>\$ 10.648.400.000</b>					

## 3. INVERSIONES EN CAPITAL DE TRABAJO

6%

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Capital de Trabajo	\$ 120.000.000	\$ 148.350.000	\$ 186.656.550	\$ 229.695.723	\$ 274.018.985	
Incremento en el Capital de W		\$ 28.350.000	\$ 38.306.550	\$ 43.039.173	\$ 44.323.262	

## 4. COSTO DE OPORTUNIDAD DEL CAPITAL DE TRABAJO(KW)

Rendimiento CDT	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Intereses Generados	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000

## 5. COSTOS FIJOS

38%

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Fijos		\$ 760.000.000	\$ 939.550.000	\$ 1.182.158.150	\$ 1.454.739.579	\$ 1.735.453.571
prestaciones		\$ 400.216.000	\$ 494.767.030	\$ 622.524.482	\$ 766.065.862	\$ 913.889.850
Proveedores Disposición Final		\$ 53.200.000	\$ 65.768.500	\$ 82.751.071	\$ 101.831.771	\$ 121.481.750
Otros Costos Imprevistos		\$ 22.800.000	\$ 28.186.500	\$ 35.464.745	\$ 43.642.187	\$ 52.063.607

## 6. GASTOS GENERALES

Gastos Generales	\$ 453.600.000	\$ 487.620.000	\$ 524.191.500	\$ 560.884.905	\$ 597.342.424
Incremento anual	\$ 22.680.000	\$ 24.381.000	\$ 26.209.575	\$ 28.044.245	\$ 29.867.121
otros gastos	\$ 453.600.000	\$ 487.620.000	\$ 524.191.500	\$ 560.884.905	\$ 597.342.424

## 7. VALORES DE SALVAMENTO

Terreno					\$ 1.000.000.000
Edificio					\$ 0
Maquinaria y Equipo					\$ 1.373.010.000
Muebles y Enseres					\$ 2.250.000
Vehículo					\$ 72.000.000
<b>TOTAL VALORES DE SALVAMENTO</b>					<b>\$ 2.447.260.000</b>

## 4. DEPRECIACIONES

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Terreno	-					
<b>DEPRECIACION ANUAL</b>						
Edificios	-	-	-	-	-	-
Maquinaria y Equipo	\$ 915.340.000	\$ 91.534.000	\$ 91.534.000	\$ 91.534.000	\$ 91.534.000	\$ 91.534.000
Muebles y Enseres	\$ 3.000.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000
Vehículo	\$ 48.000.000	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000

## 9. ESTADO DE RESULTADOS DEL PROYECTO

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingreso por Ventas	\$ 2.000.000.000	\$ 2.472.500.000	\$ 3.110.942.500	\$ 3.828.262.050	\$ 4.566.983.082
Menos: Costos Fijos	\$ 760.000.000	\$ 939.550.000	\$ 1.182.158.150	\$ 1.454.739.579	\$ 1.735.453.571
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>\$ 1.240.000.000</b>	<b>\$ 1.532.950.000</b>	<b>\$ 1.928.784.350</b>	<b>\$ 2.373.522.471</b>	<b>\$ 2.831.529.511</b>
Menos: Gastos Operacionales					
prestaciones	\$ 400.216.000	\$ 494.767.030	\$ 622.524.482	\$ 766.065.862	\$ 913.889.850
Gastos generales	\$ 453.600.000	\$ 487.620.000	\$ 524.191.500	\$ 560.884.905	\$ 597.342.424
Depreciación	\$ 96.934.000	\$ 96.934.000	\$ 96.934.000	\$ 96.934.000	\$ 96.934.000

<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>\$ 289.250.000</b>	<b>\$ 453.628.970</b>	<b>\$ 685.134.368</b>	<b>\$ 949.637.704</b>	<b>\$ 1.223.363.236</b>
Mas: Otros Ingresos	\$ 12.000.000				
Utilidad en Venta de Activos					\$ 963.340.000
Menos: Gastos Financieros	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO</b>	<b>\$ 301.250.000</b>	<b>\$ 453.628.970</b>	<b>\$ 685.134.368</b>	<b>\$ 949.637.704</b>	<b>\$ 2.186.703.236</b>
Impuesto de Renta (33%)	\$ 99.412.500	\$ 149.697.560	\$ 226.094.342	\$ 313.380.442	\$ 721.612.068
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>\$ 201.837.500</b>	<b>\$ 303.931.410</b>	<b>\$ 459.040.027</b>	<b>\$ 636.257.261</b>	<b>\$ 1.465.091.168</b>

#### 10. FLUJO DE CAJA DE LA INVERSION

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Ventas		1.833.333.333,33	2.433.125.000,00	3.057.738.958,33	3.768.485.420,83	4.505.422.995,66
Crédito	-					
Intereses CDT		12.000.000,00				
Venta de Activos						2.447.260.000,00
<b>TOTAL INGRESOS</b>	-	1.845.333.333,33	2.433.125.000,00	3.057.738.958,33	3.768.485.420,83	6.952.682.995,66
<b>EGRESOS</b>						
Inversiones en Activos Fijos	10.648.400.000,000					
Inversiones en Capital de trabajo	120.000.000,00	28.350.000,00	38.306.550,00	43.039.173,00	44.323.261,90	
Pago de Proveedores Disposición		50.244.444,44	65.070.250,00	81.807.594,36	100.771.731,64	120.390.084,45
Otros Costos Imprevistos		22.800.000,00	28.186.500,00	35.464.744,50	43.642.187,37	52.063.607,13
Pago de Gastos Generales		453.600.000,00	487.620.000,00	524.191.500,00	560.884.905,00	597.342.423,83
Pagos de Salarios		760.000.000,00	939.550.000,00	1.182.158.150,00	1.454.739.579,00	1.735.453.571,02
Pago de Prestaciones		400.216.000,00	494.767.030,00	622.524.481,79	766.065.862,30	913.889.850,50
Costo Oportunidad		12.000.000,00	12.000.000,00	12.000.000,00	12.000.000,00	12.000.000,00
Servicio de la deuda		-	-	-	-	-
Impuestos de Renta			99.412.500,00	149.697.560,10	226.094.341,51	313.380.442,22
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>10.768.400.000,00</b>	<b>1.727.210.444,44</b>	<b>2.164.912.830,00</b>	<b>2.650.883.203,75</b>	<b>3.208.521.868,72</b>	<b>3.744.519.979,14</b>
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>(10.768.400.000,00)</b>	<b>118.122.888,89</b>	<b>268.212.170,00</b>	<b>406.855.754,58</b>	<b>559.963.552,12</b>	<b>3.208.163.016,52</b>

Tabla 16. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10). Proyecciones Financieras del Proyecto  
Fuente: Elaboración del Autor

Es evidente la baja utilidad neta y el flujo neto de efectivo que presenta el proyecto, pues el escenario planteado esta dado con base en el supuesto de obtener al menos 1000 toneladas métricas al año de residuos de diversos orígenes solo en Cartagena de Indias, siendo ello un escenario pesimista toda vez que el proyecto bien puede atender la demanda de toda la región del Caribe Colombiano debido a la cercanía entre las ciudades de la región. De otra parte se ha tomado como precio base un promedio de los residuos cotizados en el mercado. En este sentido, se debe entonces proyectar para cada uno de los residuos con base en sus precios reales y así poder obtener estimaciones más aproximadas por tonelada métrica generada.

### **13. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES BASADOS EN EL MODELO FPEIR (FUERZAS MOTRICES – PRESIÓN – ESTADO– IMPACTO – RESPUESTA)**

La inclusión de un sistema de información de indicadores ambientales que permitan establecer el control y la medición permanente de los resultados que se alcancen en el proceso de gestión de los RAEE, se constituye en un instrumento de información técnica, de socialización, educación ciudadana y de motivación permanente tanto para la comunidad como para el gobierno local, que dará a conocer el estado y la tendencia de producción de residuos aprovechables y no aprovechables, de generación de ingresos a organizaciones sociales vinculadas, el nivel de participación ciudadana, de las instituciones y el sector público-privado, con indicadores numéricos y gráficos sobre una base suficientemente objetiva, sistematizada y pública. Para ello se tomara como referente el modelo FPEIR desarrollada por la AEMA, Agencia Europea de Medio Ambiente. Este modelo describe una situación dinámica, con atención a las diversas retroalimentaciones del sistema. Estas son: Fuerzas Motrices, Presión, estado, Impacto, Respuesta.

Las relaciones básicas de este modelo se muestran en Diagrama 9.

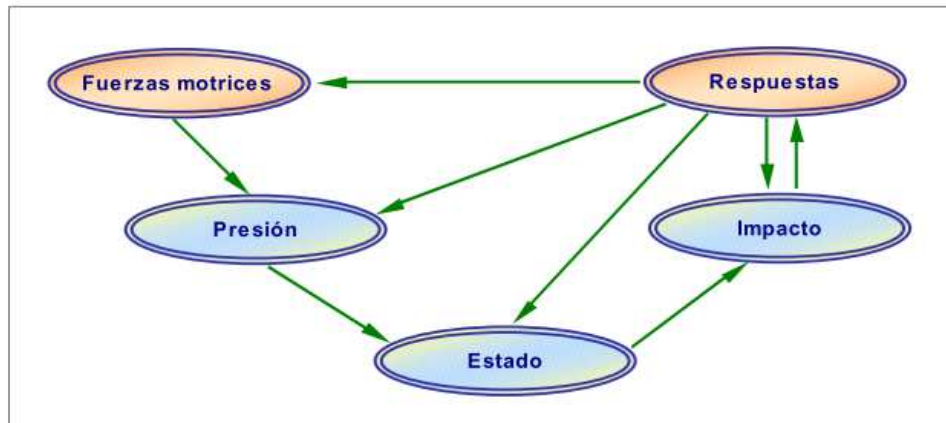


Diagrama 9. Modelo Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta  
Fuente: Adaptado de Cifrián et al... (2005)

Las actividades humanas (Fuerzas Motrices) ejercen presión sobre el medio físico, y como consecuencia su estado cambia, lo que produce impactos sobre la salud humana, los ecosistemas y los recursos. Esta situación da lugar a respuestas de las sociedades humanas, incidiendo en las fuerzas motrices, en las presiones, o en el estado o los impactos directamente. Los Indicadores de Fuerzas Motrices describen los desarrollos sociales, demográficos y económicos y los correspondientes cambios en los estilos de vida, principalmente niveles de consumo y modos de producción. A través de estos cambios en la producción y consumo, las fuerzas motrices ejercen presión en el medio.

Los indicadores de Presión describen procesos como la liberación o emisión de sustancias, agentes físicos y biológicos, el uso de los recursos o el uso del suelo por las actividades humanas. Las presiones ejercidas por la sociedad se manifiestan como cambios en las condiciones ambientales. Los indicadores de estado describen, cuantitativa y cualitativamente, un fenómeno físico (como la temperatura), biológico (como la reserva marina) y químico (como la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera) en un cierto área del medio. Debido a la presión sobre el medio, el estado del mismo cambia. Estos cambios provocan impactos sobre las funciones del medio, como la salud humana y de los ecosistemas, la disponibilidad de los recursos y la biodiversidad. Los indicadores de Impacto son usados para describir cambios en estas condiciones del medio.



Finalmente, los indicadores de Respuesta describen los esfuerzos sociales y políticos para prevenir, compensar, aminorar o adaptarse a los cambios en el estado del medio ambiente. En la siguiente tabla (ver tabla 14) se muestran un grupo de indicadores creados a partir del modelo de Cifrian que ayudaran en principio a ir construyendo una línea base estadística del comportamiento en la gestión de RAEE.

GRUPO DE INDICADORES DE ACUERDO AL MODELO FPEIR					
Elemento	Descripción	Formulación	Unidad	Utilidad	Calculo
<b>Fuerza Motriz</b>	Describe estilos de vida, niveles de consumo.	Incremento porcentual en el consumo anual de AEE	Ton/año	Observa comportamiento en hábitos de consumo de AEE	Incremento % de AEE en la ciudad = toneladas ingresadas primer año de AEE / Toneladas ingresadas segundo año de AEE
<b>Presión</b>	Describe procesos como la liberación o emisión de sustancias, agentes físicos.	Producción per cápita de RAEE	Kgm/hab/día	Es dinámico al ir cambiando su valor en el tiempo de acuerdo a situaciones de tipo socioeconómico.	Producción Percapita PPC = Población de la Localidad / Toneladas producidas mes
<b>estado</b>	Describen cuantitativa y cualitativamente, un fenómeno físico (como la temperatura), biológico (como la reserva marina) y químico (como la concentración de CO2 en la atmósfera) en un cierto área del medio.	Medición de CO2	m3/año	Caracterizar puntos neurálgicos de concentración de CO2	Mediciones periódicas en estaciones de monitoreo.
<b>Impacto</b>	La salud humana y de los ecosistemas. Los indicadores de Impacto son usados para describir cambios en estas condiciones del medio.	Disminución porcentual de la presencia de RAEE depositados en los ecosistemas	Kgm/año	Observa comportamiento en hábitos de disposición de RAEE.	Disminución % de RAEE en ecosistemas = kilogramos depositados primer año de RAEE / kilogramos depositados segundo año de RAEE
<b>Respuesta</b>	Describen los esfuerzos sociales y políticos para prevenir, compensar, aminorar o adaptarse a los cambios en el estado del medio.	Estrategias de sensibilización y divulgación	Numero de estrategias	Ir cambiando los hábitos de disposición de RAEE y la necesidad de entregarlos al operador de servicio.	Numero de estrategias de sensibilización y divulgación implementadas de los actores del servicio de gestión de RAEE y autoridades ambientales.

Tabla 17. Grupo de indicadores propuestos de acuerdo al modelo

Fuente: Elaboración del autor.

## CONCLUSIONES

- El proyecto piloto puede ser eficiente y efectivo en la medida que las autoridades ambientales de Cartagena de Indias, el gestor y la misma normativa garanticen la participación activa de las cooperativas en el proceso de la gestión.
- Como repuesta al primer pilar propuesto por Bornard referente a cantidades y situación actual en un sistema de RAEE en la ciudad, la estimación de las mismas debe hacerse con datos reales de cifras de importación y producción de aparatos eléctricos y electrónicos en la Ciudad de Cartagena, cifras de ventas en unidades y peso neto de los aparatos.
- La participación ciudadana en el proceso es el elemento clave en el sistema, al igual que la vinculación de los colegios a través de los programas ambientales escolares.
- La definición de la estrategia de recolección cumplirá las metas propuestas en la medida que el operador del servicio tenga la infraestructura necesaria y fortalezca el proceso cooperativo en cada jornada de recogida con apoyo logístico del transporte y la utilización de las variadas estrategias de divulgación.
- Las estrategias de recolección deben permitir la recuperación de equipos que hayan entrado en obsolescencia especialmente PC's, los que bien pueden regresar al usuario remanufacturados y con ello alargar su vida útil, logrando así los porcentajes de reuso necesarios indicados por la Resolución 1512 de 2010.
- Los Centros Locales de Almacenamiento y Transferencia juegan papel importante en la recuperación y remanufacturacion de equipos, lo que significa que de ellos depende que el sistema de gestión propuesto permita alargar la vida útil de algunos equipos y devolverlos al ciclo productivo.
- Debido a que aun no se ha aprobado la Ley de RAEE en Colombia que da viabilidad a la creación de la Política Publica de Residuos Electrónicos, no ha sido posible conocer al menos un Sistema de Gestión de RAEE propuesto por empresa alguna y aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente.

- La planta de tratamiento debe contar con cuatro grandes líneas de procesos Línea Blanca, Línea de Monitores, Línea de PC's y equipos de audio y una Línea de lámparas fluorescentes. Solo así se garantizara el tratamiento y valorización de residuos, como la correcta disposición de los no valorizables.
- Cartagena de Indias es una ciudad con alto impacto en la producción de residuos electrónicos debido a su gran dinámica comercial, hotelera e industrial.

### **RECOMENDACIONES**

- La organización de talleres informativos para los distribuidores y productores locales es urgente, puesto que muy pocos conocen de la normativa, especialmente la resolución 1512 sobre computadores y periféricos, máxime cuando el 8% de las empresas registradas en la ciudad son distribuidores de estos equipos.
- La capacitación de los asociados cooperativos en el manejo de residuos debe iniciarse de la mano del único gestor que existe en la ciudad, RECYCLABLES, el Centro Nacional de Producción más Limpia y las autoridades ambientales Locales: EPA y CARDIQUE.
- El compromiso y la consolidación de los actores antes mencionados, incluyendo productores locales, importadores y distribuidores es pieza clave para lograr construir el sistema colectivo de recolección y gestión de RAEE de la ciudad de Cartagena de Indias, dándole la fortaleza y estabilidad que un sistema de este tipo requiere, especialmente el financiero.

### **LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACION**

- Estudio diagnostico de la situación actual y proyección futura de RAEE a partir de la base instalada de AEE en la ciudad de Cartagena de Indias.

- Construcción de una batería de indicadores para el establecimiento de un sistema de información que permita establecer el control y las estadísticas de los resultados que se alcancen en un proceso de gestión de RAEE.
- Elaboración de la Georeferenciación local de consumo clasificado de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE).
- Elaboración de la Georeferenciación local de generación clasificada de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Diseño de un sistema de trazabilidad integral de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) mediante el uso de tecnologías de información

## **REFERENCIAS**

Acuerdo 006 de febrero 27 de 2003. División político-administrativa. Concejo Distrital.

Blaser, Fabián, EMPA (2009). Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de Electrodomésticos y de Aparatos Electrónicos de Consumo. Informe Final, 19 de octubre de 2009.

Boni Heinz (2009). "Modelo Vía verde". Director del Instituto suizo de Investigación en Ciencias de los Materiales y Tecnología (EMPA).

BORNAND P. (2007): Las ventajas de sistemas colectivos de residuos electrónicos. Reunión de Expertos "Tendencias Internacionales en la Gestión de Residuos Electrónicos", Universidad de los Andes, Bogotá, 13 de noviembre de 2007.

CAMARA DE COMERCIO DE CARTAGENA. (2011). Base de Datos del Sector Comercial de Electrodomésticos, Equipos de Computación y Oficina del Distrito de Cartagena de Indias.

C.I Recyclables S.A. Jaramillo, Juan F. (2011).Entrevista con el gerente sobre actividades e historia de la empresa. [www.recyclables.com.co](http://www.recyclables.com.co)

Cifrián E, Y. Muñoz, A. Coz, J. Viguri, A. Andrés (2005).Punto Focal de Residuos de Cantabria: Sistemas de Indicadores. Universidad de Cantabria.

Consulta a la Bolsa de Residuos de Colombia en: [http://www.borsi.org/html/consultar\\_ofertas\\_y\\_demandas.asp](http://www.borsi.org/html/consultar_ofertas_y_demandas.asp). Recuperado en noviembre 23 de 2011.

Decreto 0977 de 20 de noviembre de 2001, Alcaldía de Cartagena. Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias.

DANE (2009). Departamento Nacional de Estadísticas Encuesta Anual Manufacturera (EAM).

DANE (2010). Departamento Nacional de Estadísticas. Encuesta Nacional de Calidad de Vida.

De la Morena, Benito A y col. (2005). Residuos. ISBN84-688-7558-9.

De la Morena, Benito A (2011) Dossier Técnico entregado en el Máster de Tecnología Ambiental de la Universidad de Huelva, España.

European Environmental Agency [en línea]. Página Web de la Agencia Europea de Medio Ambiente. [www.eea.eu.int](http://www.eea.eu.int)

Directiva 2002/96/EC de la Unión Europea. Clasificación de RAEE.

EMPA. Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías

Hoyos, J.C. (2011). Desarrollo y Aplicación de un Modelo de Simulación de un Sistema de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos Asociados a las Tic en Colombia para Analizar su Viabilidad Tecnológica y Financiera. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Área Curricular en Sistemas y Administración. Medellín, Colombia 2011.

Kang, Hai-Yong, and Julie M. Schoenung. 2006. Estimation of future outflows and infrastructure needed to recycle personal computer systems in California. *Journal of Hazardous Materials* 137, no.2: paginas 1165-1174. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.03.062

Lindhqvist Thomas. Extended Producer Responsibility in Cleaner Production. Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems. Doctoral Dissertation, May. 2000:2, Lund, Sweden. The International Institute for Industrial Environmental Economics, IIIIEE, Lund University; 2000

Lohse Joachim, et al... (1998) Institut für Ökologie und Politik GmbH (Ökopoll), Collection targets for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Final Report compiled for the DG XI, May 1998. <http://www.oekopol.de/de/Archiv/Stoffstrom/weee.htm>

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO (2011). COLOMBIA. Base de Datos del Sector Hotelero de Cartagena de Indias en [www.mindustriayturismo.gov.co](http://www.mindustriayturismo.gov.co)

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2011). COLOMBIA. Base de Datos de la Normativa en materia de Residuos Peligrosos en [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)

OECD, (2001). Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments. France, Organization for Economic Cooperation and Development.

Ott, D. (2008). Diagnóstico de la Gestión de los Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares Medellín, Colombia, EMPA.

Papaoikonomou, A., Koutoulakis, E., Kungolos, A., 2006. "Alternative Management of Waste of Electrical and Electronic Equipment in Greece." In Environmental Economics and Investment Assessment, 3-10. WIT Transactions on Ecology and the Environment. Billerica, Mass.: WIT Press, 2006.

Presentación del Taller de Capacitación para Autoridades Ambientales. La gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá, 11 y 12 de Octubre de 2010.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA. 2008, Recycling from Ewaste to Resources: <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=612&ArticleID=6471>. Recuperado el 20 de septiembre de 2011.

Proyecto de Ley número 17 de 2010(en trámite en el Congreso) mediante el cual se regula la Política Pública de Residuos Eléctricos y Electrónicos RAEE en Colombia.

Puckett J. & Smith T. Exporting harm: The high-tech trashing of Asia. The Basel Action Network. Seattle - Silicon Valley Toxics Coalition.

Real Decreto Español 208/2005 de 25 de febrero, mediante el cual se establecen medidas de prevención en la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Realf, M. (2004). E-waste An opportunity. *Materials Today* 7, no. 1: paginas 40-45.doi:10.1016/S1369-7021 (04)00054-9.

RECILEC S.A. Díaz Pineda, Leonardo. (2011).Entrevista con el gerente sobre sistema de gestión y operaciones de la empresa. [www.recilec.com](http://www.recilec.com)

RECILEC (2010a). Reciclado De Componentes Electrónicos, Recilec. S.A. Instrucción Técnica. It-Pgi-750/02 Operación En Línea Blanca.

RECILEC (2010b). Reciclado De Componentes Electrónicos, Recilec. S.A. Instrucción Técnica. It-Pgi-750/01 Operación En Línea De Trc

RECILEC (2010c). Reciclado De Componentes Electrónicos, Recilec. S.A. Instrucción Técnica. It-Pgi-750/03 Operación En Línea De Fluorescentes.

Resolución 1297 del 8 de julio (2010). “se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones”.

Resolución 1511 del 5 de agosto (2010). “se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de bombillas y se adoptan otras disposiciones”.

Resolución 1512 del 5 de agosto (2010). “se establecen los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones”.

Robinson, Brett H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of The Total Environment* 408, no. 2: paginas 183-191. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.09.044

Sigob.gov.co, (2010). En línea, <http://www.sigob.gov.co/ind/indicadores.aspx?m=509>, recuperado el 1 de septiembre de 2011.

Silva, Uca. Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Plataforma RELAC SUR/IDRC.UNESCO 2010, Montevideo.

United Nations University UNU, (2008) "2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)"

Widmer, Rolf, Heidi Oswald-Krapf, Deepali Sinha-Khetriwal, Max Schnellmann, and Heinz Böni. 2005. Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review* 25, no. 5: paginas 436-458. doi:10.1016/j.eiar.2005.04.001