

ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS
ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA

KELLY JOHANA PINEDA CÁRDENAS

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GESTION AMBIENTAL

DIRECTOR
ING. IVONNE ANGULO DE CASTRO
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. octubre de 2022

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada Garcia-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macias Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora de programa

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	11
1. GENERALIDADES	12
1.1¿Qué son los RAEE?	12
1.2Clasificación de los RAEE	12
1.3Principios de la gestión integral de los RAEE	15
1.4Proceso de reciclaje RAEE	16
1.5 Marco legal	18
<i>1.6.1 Generación de RAEE Colombia</i>	<i>21</i>
1.7 Economía Circular y gestión adecuada de la RAEE	27
2. IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS RAEE	30
2.1 Etapas del ciclo de vida	31
<i>2.1.1 Agentes participantes en el ciclo de vida de un RAEE</i>	<i>33</i>
2.2 Análisis obsolescencia de los RAEE	36
<i>2.2.1 Obsolescencia funcional</i>	<i>36</i>
<i>2.2.2 Obsolescencia tecnológica</i>	<i>37</i>
<i>2.2.3 Obsolescencia estilo</i>	<i>38</i>
<i>2.2.4 Obsolescencia retrasada</i>	<i>38</i>
3. PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA	40
4. CAPÍTULO IV GUÍA PRODUCTORES Y GESTORES	51
5.CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	75

TABLA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Categorías de RAEE según la Unión Europea.	13
Figura 2 Clasificación de las diferentes categorías de RAEE según la Unión Europea basada en el tipo de que tienen los AEE.	14
Figura 3 Clasificación de las diferentes categorías de RAEE desde una perspectiva de su gestión.	15
Figura 4 Cadena de reciclaje RAEE	17
Figura 5 Listado de normativas que aplican directamente a la gestión de RAEE en Colombia.	18
Figura 6 Generación de RAEE en 2014 a nivel mundial.	20
Figura 7 Hogares colombianos por bienes electrónicos que poseen.	25
Figura 8 Hogares colombianos por tipo de televisor que poseen.	26
Figura 9 Hogares colombianos por tipo de telefonía que poseen.	27
Figura 10 Tipologías de iniciativas innovadoras de la economía circular.	28
Figura 11 Rótulo para la identificación de RAEE almacenados.	52
Figura 12 Proceso de reciclaje en computadoras y celulares.	55
Figura 13 Diagrama de gestión para las entidades.	57
Figura 14 Gestores autorizados para proceso de RAEE.	60
Figura 15 Actividades de reciclaje y recuperación RAEE.	64
Figura 16 Puntos de Recolección Bogotá.	67

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Estudios desarrollados en Colombia sobre generación de RAEE.	23
Tabla 2 Valores establecidos para matriz de decisión.	41
Tabla 3. Valores establecidos para puntuación matriz de decisión.	41
Tabla 4 Matriz de decisión evaluación de etapas del ciclo de vida de los RAEE.	42
Tabla 5 Valores establecidos en la matriz de evaluación ambiental.	44
Tabla 6 Matriz Evaluación Impacto Ambiental RAEE	46
Tabla 7 Sumatoria de los indicadores de evaluación.	47
Tabla 8 Rango de valores para matriz de impacto ambiental.	48
Tabla 9 Matriz de impacto ambiental según indicadores por categoría RAEE.	49
Tabla 10. Tiempo de almacenamiento RAEE, dentro de la entidad.	53

RESUMEN

La presente monografía es una investigación documental sobre la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos en Colombia, donde se analizará el manejo y el control de los altos volúmenes de estos residuos, enfocándose en la cadena de generación, recolección, procesamiento y disposición final de dichos residuos, identificando por medio de una matriz de caracterización los principales residuos electrónicos que tienen un mayor impacto ambiental actualmente, así como la creciente demanda de estos productos, de igual manera por medio de la información encontrada nivel Colombia se identificarán los principales factores que limitan el inadecuado manejo de estos residuos.

Por medio de los resultados obtenidos se desarrollará un estudio detallado por medio de una guía donde se presente la situación actual de la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos y con esto presentar recomendaciones basadas en indicadores para la implementación de la economía circular en el sector industrial en Colombia.

Palabras claves: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, Economía circular, Matriz Impacto Ambiental, Ciclo de Vida, Obsolescencia Aparatos Electrónicos.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el estudio de la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos se ha vuelto un tema en auge en las organizaciones ambientales y en las empresas productoras y de servicio, puesto que en la última década se ha visto un aumento en la generación de estos residuos y un inadecuado manejo frente a estos residuos, “estos flujos de desechos sólidos se encuentran entre los de más rápido crecimiento en el mundo, debido a las constantes innovaciones tecnológicas, a los ciclos cortos de vida de los aparatos y a la creciente demanda de los consumidores” (Johnson y Fitzpatrick, 2014) como los tubos de rayos catódicos (TRC) que no tienen un valor económico, pero representan un riesgo para la salud y el medio ambiente” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017, p.32).

Dicho lo anterior el daño ambiental que puede desencadenar el mal manejo de los RAEE es peligroso, puesto que su alta demanda en producción genera una explotación incontrolada de materias primas, “consumo energético proveniente mayormente de fuentes fósiles y generación de residuos” (Magallini, Kuehr, & Cornelis, 2015, p.3), que ponen en riesgo la sostenibilidad ambiental del planeta. Esta problemática puede ser abordada desde las organizaciones, ya que hoy en día, un pilar importante para las empresas es “trabajar en cada una de sus líneas la sostenibilidad donde se busque la reducción de la huella electrónica, producto de la eliminación inadecuada de los RAEE, reduciendo posibles consecuencias para el medio ambiente y la salud humana” (Magallini, Kuehr, & Cornelis, 2015). Por otra parte, es necesario que las mismas realicen un control de la cantidad de RAEE que están acumulando en su poder y de esta manera “evitar incurrir en costos mayores, como por ejemplo, en la acumulación de inventario o en medidas de control cuando sus cantidades sean a gran escala” (Franco, 2019, p.14).

De este modo, por medio de este proyecto se planteó una guía para la gestión de los residuos electrónicos provenientes de sectores industriales considerando los principios de la economía circular en Colombia con el fin de responder a la pregunta ¿Cómo gestionar los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el sector industrial? de manera que le apunten a un aumento del índice de sostenibilidad de patrones de consumo y producción presentado en los

indicadores de la *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)* y a la disminución del impacto ambiental.

Ampliando de esta manera en el primer capítulo los principales conceptos a tener en cuenta en el desarrollo de la investigación, la normativa actual que se ha venido desarrollando de los RAEE en Colombia y el proceso de reciclaje que se viene efectuando; en el segundo capítulo, se estudió las etapas del ciclo de vida de los RAEE, sus agentes y productores, así como el análisis de la obsolescencia de los RAEE y los tipos que se pueden encontrar, a partir de esta información se construyó dos matrices que permitieran clasificar y analizar la información encontrada sobre los RAEE; por último en el capítulo tres, se realizó una guía de manejo de los RAEE, donde se puede encontrar los principales factores que afectan la aplicación de la economía circular en lo RAEE enfocándose en la etapa de gestión, se dan las principales pautas para tener en cuenta en su transporte y los pasos que debe realizar un gestor y usuario para el cumplimiento adecuado del reciclaje de los RAEE implementando la economía circular.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una guía para la gestión de los residuos electrónicos provenientes de sectores industriales colombianos considerando los principios de la economía circular en Colombia.

Objetivos específicos

Revisar la documentación y normativa disponible en la gestión de residuos electrónicos y su relación con los lineamientos del análisis de ciclo de vida.

Establecer las etapas del ciclo de vida con potencial de aplicación de economía circular en la gestión de RAEE según estudios de caso del sector industrial colombiano.

Estructurar una guía para la gestión de los RAEE provenientes de sectores industriales bajo principios de economía circular para Colombia.

1. GENERALIDADES

1.1; ¿Qué son los RAEE?

Según la política nacional de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y de acuerdo con la Directiva 2012/19/UE de la Unión Europea (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2012), los aparatos eléctricos y electrónicos o AEE se definen como: “Todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1.000 voltios en corriente alterna y 1.500 voltios en corriente continua”.

De igual manera esta directiva define la RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) como “residuos de aparatos eléctricos y electrónicos” esto haciendo referencia a los aparatos obsoletos, descartados y dañados, incluyendo los residuos de computadores, equipos electrónicos de consumo, celulares y electrodomésticos que ya no son utilizados o deseados por sus usuarios (Soto, 2013), como indica la misma Directiva “todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha”.

Se puede afirmar que los RAEE son residuos que al llegar al final de su vida útil son descartados y desechados, estos son conocidos a nivel internacional con el término *e-waste*, el cual 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*, residuo-e, o simplemente chatarra electrónica (Ott, 2008,p.15).

1.2 Clasificación de los RAEE

Los AEE tiene varias clasificaciones de acuerdo su funcionalidad, su comercialización gestión y manejo; estas categorías son las líneas blanca, marrón, gris y los pequeños electrodomésticos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010,p.7). Así mismo, “la Unión Europea ha determinado una categorización de los aparatos eléctricos y electrónicos para definir el ámbito de

aplicación de las regulaciones en materia de la gestión de los RAEE” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017,p.22). La primera de ellas clasifica los AEE en 10 categorías teniendo en cuenta su tipología y la segunda, concretada por la Directiva de la Unión Europea 2012/19/UE, la cual rige desde el 15 de agosto de 2018 y clasifica los AEE en cinco categorías considerando las posibles fracciones de recolección y separación de los RAEE como se muestra en la Figura 1 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017,p.22).

Figura 1

Categorías de RAEE según la Unión Europea.

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 (minicomputadoras, impresoras), y elementos de computación personal (computadores personales, computadores portátiles, fotocopiadoras, télex, teléfonos, etc.).
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de vídeo, etc.
5	Aparatos de alumbrado intensidad, etc.	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad.
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 video y juegos de video.
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

Nota. Categorización de los aparatos eléctricos y electrónicos de acuerdo con sus fracciones de recolección y separación de los RAEE. Tomado de: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2002).Diario Oficial de la Unión Europea, <https://n9.cl/uoilb>

Según el enfoque de la gestión y el manejo de los residuos, se aplica la siguiente clasificación la cual se visualiza en la Figura 2:

Figura 2

Clasificación de las diferentes categorías de RAEE según la Unión Europea basada en el tipo de que tienen los AEE.

No	CATEGORÍAS	EJEMPLOS	JUSTIFICACIÓN
1	Aparatos destinados a la refrigeración.	Neveras, congeladores, otros.	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
2	Electrodomésticos grandes, medianos (menos equipos de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos.	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales.
3	Aparatos de iluminación	Tubos fluorescentes, bombillos.	Requieren procesos especiales de reciclaje, valorización o disposición final.
4	Aparatos con monitores y pantallas	Televisores, monitores TRC, monitores LCD.	Los tubos de rayos catódicos requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón (excepto los mencionados en categorías anteriores).	Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes y por consiguiente requieren un tratamiento de reciclaje o valorización muy semejante.

Nota. Categorización de los aparatos eléctricos y electrónicos de acuerdo con el manejo de los residuos y su gestión. Tomado de: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, (2002).Diario Oficial de la Unión Europea, <https://n9.cl/uoilb>

Por último, se usa una clasificación para la RAEE de 3 líneas, mediante colores, las cuales se identifican de la siguiente manera como se muestra en la Figura 3:

Figura 3

Clasificación de las diferentes categorías de RAEE desde una perspectiva de su gestión.

No	CATEGORÍAS	EJEMPLOS	JUSTIFICACIÓN
1	Línea blanca	Todos los electrodomésticos.	Neveras, lavavajillas, hornos, cocinas.
2	Línea marrón	Equipos electrónicos de consumo.	TV, equipos de sonido y de video.
3	Línea gris	Equipos informáticos y de telecomunicaciones.	Computadores, teclados, ratones, celulares, terminales portátiles.

Nota. En la Figura se muestra la Categorización de los AEE que más se comercializan relacionándolos con los equipos electrodomésticos, es decir, aquellos que sirven para realizar o agilizar tareas domésticas o que tienen que ver con el hogar. Tomado de: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2017). Política nacional para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. <https://n9.cl/by2wl>

1.3 Principios de la gestión integral de los RAEE

De acuerdo a La Política nacional para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, en el año 2017 se establecieron unos principios claves para trabajar y plantear el sistema de gestión integral para los RAEE, dirigido especialmente para los ejecutantes involucrados durante el proceso, estos son:

- Responsabilidad extendida del productor: la responsabilidad del fabricante del producto se extiende en el total del ciclo de vida del producto, donde el mantiene un grado de responsabilidad en los impactos ambientales de su producto a lo largo de su ciclo de vida, buscando con este principio que se promueva una mayor conciencia en la producción de los productos minimizando los impactos ambientales asociados al mismo, teniendo como clave el reciclaje y su adecuada disposición final (recicla los aparatos eléctricos y electrónicos RAEECCIONA, 2018).

- Reducir, reutilizar, reciclar (3R): La implementación de esta estrategia requiere el cumplimiento en su orden: primero, reducción; después, reutilización y, por último, reciclado, siendo esta última sólo cuándo ya no quede otra solución. Para este concepto también se considera el ciclo de vida

total de los AEE y sus residuos, apuntando tanto a los productos y su disposición final como también reduciendo la generación de residuos al cambiar el diseño del producto y su empaque (recicla los aparatos eléctricos y electrónicos RAEECCIONA, 2018).

- Ciclo de vida del producto: en este principio se considera las relaciones y efectos del ciclo de vida de un AEE, teniendo como enfoque en cada una de las etapas del ciclo de vida, la investigación, extracción de materias primas, diseño, producción, distribución, uso y gestión posconsumo del producto (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,2017,p.53).

- Prevención: en este principio se busca optimizar por medio de estrategias el consumo de materias primas, sustituir sustancias o materiales peligrosos y adoptar prácticas, procesos y tecnologías más limpias con el fin de prevenir la generación de los residuos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,2017,p.54).

- Producción y consumo sostenible: este principio tiene el objetivo de promover la reducción de materiales y residuos peligrosos, aumentar la productividad con el uso de materias primas de segunda mano y crear conciencia frente a los consumidores en relación al efecto que los productos y sus desechos ejercen sobre la salud y el ambiente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,2017,p.54).

1.4Proceso de reciclaje RAEE

Existen diferentes métodos para el manejo de la RAEE, que permiten el aprovechamiento de los materiales con los que se encuentran elaborados estos aparatos eléctricos y electrónicos, dándoles un adecuado tratamiento para evitar efectos en la parte ambiental y de la salud.

Es por esto que en el reciclaje de la RAEE se realizan las actividades mostradas en la Figura 4 donde su objetivo es obtener componentes separados o fracciones de materiales impulsando a que estos se puedan volver a reutilizar.

Figura4

Cadena de reciclaje RAEE



Nota. En el diagrama se muestra el paso a paso del proceso de reciclaje del RAEE en su ciclo de vida. Tomado de: Organización Internacional del Trabajo -OIT-. (2019). *From waste to jobs: Decent work challenges and opportunities in the management of e-waste in Nigeria.* <https://n9.cl/v4jpg>

Estas técnicas pueden ser realizadas manual, mecánica o combinadas, después desarrollar esta cadena y al extraer los contaminantes, se puede destinar algunos de estos residuos en un proceso de reciclaje, donde se pueden obtener materiales como: plástico, vidrio y metal (Lozano, 2019,p.21).

- El desensamble, en este primer paso se separan los componentes por los que están compuestos los residuos AEE, con el objetivo de clasificarlos en plásticos, vidrios, metales (aluminio y cobre) y componentes peligrosos (mercurio y plomo), entre otros.

- En el proceso de trituración se busca obtener una mezcla de los fragmentos de los diferentes materiales, consiguiendo que plásticos sean triturados y granulados. Es importante tener en cuenta que los residuos como monitores CRT o con líquido o aceites, no pueden manipularse en este proceso, se manipulan de forma diferente y en otro proceso.

-El pre-procesamiento este se maneja en varias etapas, donde los residuos de los AEE son triturados y reducidos, para así sacar de estos diferentes materiales, de los cuales se puede obtener metales ferrosos, no-ferrosos y polímeros, por consiguiente se separan los metales conseguidos, teniendo de esta manera un material sobresaliente, permitiendo que sirva como materia prima en la fabricación de nuevos productos (UNEP, 2009,p.6).

1.5 Marco legal

En los últimos años en Colombia se ha desarrollado decretos, leyes y lineamientos encaminados a regular la gestión de RAEE, buscando dar bases sólidas a las entidades para llevar a cabo un buen control sobre el buen manejo de estos tipos de residuos en el país (Avila, 2021,p.3).

Sin embargo, por la complejidad de la gestión de estos residuos y su desconocimiento en la gestión de estos residuos se han impulsado algunas normas generalizadas por parte del gobierno para el manejo de los RAEE. A continuación en la Figura 5 se muestran algunas de las normativas que se han venido aplicando frente a la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos los cuales se presentan algunos de los principales requisitos legales y normativos en Colombia.

Figura 5

Listado de normativas que aplican directamente a la gestión de RAEE en Colombia.

Marco nacional	Referencia	Aplicación gestión RAEE
Ley 1672 /2013	Lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).	Disponer los lineamientos para la política pública de gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados en el territorio nacional.
Resolución 1511 /2010	Sistema de recolección selectiva y gestión de pilas y/o acumuladores.	Obligatoriedad a productores, importadores y comercializadores de bombillas de aplicar planes de recolección post consumo.
Resolución 1512 de 2010 (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)	Sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de computadores y/o periféricos	Obligatoriedad a productores, importadores y comercializadores de computadores y periféricos de implementar planes de recolección post consumo con metas definidas y progresivas.
Resolución 1297 de 2010 (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)	Sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y acumuladores	Obligatoriedad a productores, importadores y comercializadores de pilas o acumuladores de implementar planes de recolección post consumo con metas definidas y progresivas.

Figura 5.(Continuación)

Marco nacional	Referencia	Aplicación gestión RAEE
Resolución 222/2011	Requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos con contenido de PCB	Establece las condiciones técnicas y requisitos para llevar a cabo el manejo de elementos con PCB, incluyendo aquellos elementos o equipos de RAEE que pudieran contenerlos
Ley 1252 de 2008	Normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos	Establece la responsabilidad del generador de residuos peligrosos y el alcance de la misma, extendiéndola a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, equipos desmantelados y en desuso, elementos de protección personal utilizados en la manipulación de este tipo de residuos y por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente.
Decreto 0977 de 2001	Plan de ordenamiento territorial	Las actividades realizadas en una determinada área deben estar contempladas o autorizadas en el plan de ordenamiento territorial definido por la alcaldía, por ejemplo para el manejo de RAEE debe ser específicamente una Zona Industrial
Lineamiento MAVDT		Establece condiciones básicas para la gestión de RAEE tendientes a ser establecidos como procedimientos estándar de los gestores de RAEE en el país.

Nota. En la figura se muestra las diferentes normas que se han aplicado en Colombia con el fin de adecuar una gestión sostenible a los RAEE. Tomado de: Gallego Hernández. (2021). Diseño de una propuesta de política de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) de Emvarias E.S.P. Medellín, en el marco de la denominada economía circular. Universidad Externado de Colombia. <https://n9.cl/wjsem>

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación, dio a conocer el informe *The*

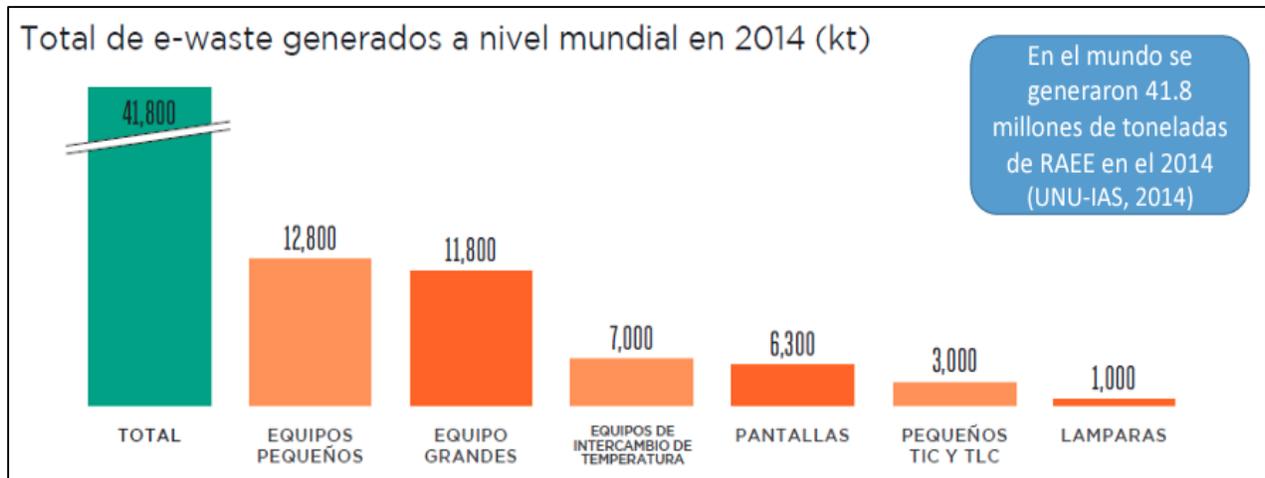
Global E-waste Monitor 2019(Forti et al., 2020,p.11) donde según los datos arrojados la generación mundial de residuos electrónicos fue de 53,6 millones de toneladas, representando esta cifra un aumento del 21% en apenas cinco años.

De acuerdo con este estudio realizado, el total de electrónicos generados (residuos -e) en 2019 se compone principalmente de aparatos pequeños (17,4 Mt), grandes (13,1 Mt) y de intercambio de temperatura (10,8 Mt).

Las pantallas y monitores, las lámparas y los aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños representan un porcentaje menor de los residuos-e generados en 2019, a saber, 6,7 Mt, 4,7 Mt y 0,9 Mt, respectivamente. De acuerdo a la Figura 6, desde 2014, las categorías de residuos-e que más han aumentado (en términos de peso total de los residuos-e generados) han sido los aparatos de intercambio de temperatura (con un promedio anual del 7%), los grandes aparatos (+5%) y las lámparas y los pequeños aparatos (+4%). Esta tendencia se debe al creciente consumo de este tipo de productos en los países de renta más baja, donde dichos productos mejoran las condiciones de vida (Kuehr et al., 2020,p.10). Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta los residuos que no fueron registrados, dando así probablemente porcentajes mayores de estos residuos.

Figura 6

Generación de RAEE en 2014 a nivel mundial.



Nota. En la ilustración se muestra la cantidad de residuos eléctricos y electrónicos generados en el 2014, mostrando un incremento considerable en la generación de equipos pequeños. Tomado de: Forti et al. (2020). Observatorio mundial de los residuos electrónicos. <https://n9.cl/cpzt3>

De acuerdo con un informe realizado por la Universidad de Naciones Unidas (Balde et al.,2017,p.22), aunque el 66% de la población mundial está cubierta por la legislación referida a los RAEE, es necesario más exigencia para cumplir, implementar y alentar a más países a desarrollar políticas en esta materia. Se espera que la cantidad de desechos electrónicos aumente, a nivel planetario, a 52,2 millones de toneladas métricas, o 6,8 kg / habitante, para el año 2023.

Por continentes, la generación de RAEE se distribuyó del siguiente modo:

1. Asia fue la región que generó la mayor cantidad de desechos electrónicos (18,2 Mt). Sin embargo, Asia genera menos desechos electrónicos por habitante (4,2 kg / Hab).
2. Europa (12,3 Mt) es el segundo mayor generador de desechos electrónicos por habitante con un promedio de 16,6 kg /Hab; sin embargo, Europa tiene la tasa de recolección más alta (35%).
3. América (11,3 Mt) – (América del Sur, Centroamérica y Norte América) genera 11,6 kg /Hab y recolectan solo el 17% de los desechos electrónicos generados en los países, lo que es comparable con la tasa de recolección en Asia (15%).
4. África (2,2 Mt) genera solo 1,9 kg / Hab y hay poca información disponible sobre su tasa de recolección.
5. Oceanía (0,7 Mt). Si bien es el más pequeño en términos de desechos electrónicos totales generados es el mayor generador de desechos electrónicos por habitante (17,3 kg /Hab), y solo se documentó que se recolectó y recicló el 6% de los desechos electrónicos.

La diferencia de residuos electrónicos generados en países desarrollados respecto a los países en desarrollo es muy grande: el país más rico del mundo en 2016 generó un promedio de 19,6 kg /Hab, mientras que el más pobre generó solo 0,6 kg /hab.

1.6.1 Generación de RAEE Colombia

De acuerdo con un estudio de huellas verdes de la empresa Innovación Ambiental (Innovación Ambiental, 2018), Colombia reportó en el 2014, la generación de alrededor de 252.000 toneladas de RAEE domésticos equivalentes a 5,3 kilogramos por habitante.

Estudios del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020,17) estiman que se generan aproximadamente 130.000 toneladas por año en residuos de computadores, impresoras, teléfonos móviles y algunos electrodomésticos (neveras, lavadoras, equipos de audio y video).

En Colombia se reportó en el 2014 una generación aproximada de 252 mil toneladas de RAEE domésticos equivalente a 5,3 kilogramos por habitante, estimando de esta manera que se generan aproximadamente 130.000 toneladas por año, en residuos de computadores, impresoras, teléfonos móviles y algunos electrodomésticos (neveras, lavadoras, equipos de audio y video).

De acuerdo a esta información y con el fin de diagnosticar algunos aspectos de la problemática de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Colombia, desde el 2007 se iniciaron los primeros estudios liderados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y otras entidades nacionales e internacionales para estimar las cantidades de generación de algunas corrientes de RAEE, incluyendo computadores, teléfonos celulares, electrodomésticos, pilas y bombillas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020,p.25).

En la tabla 1 se muestra un resumen de las estimaciones realizadas en los estudios elaborados hasta la fecha, para corrientes de procedencia doméstica, consideradas como prioritarias.

Tabla 1*Estudios desarrollados en Colombia sobre generación de RAEE.*

TÍTULO DEL ESTUDIO	CORRIENTE	AÑO BASE DE PROYECCIÓN	ESTIMADO AÑO BASE (ton)	ESTIMADO 2014 (ton)	ÚLTIMO AÑO DE PROYECCIÓN	ESTIMADO ÚLTIMO AÑO (ton)
Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares (Ott,2008)	Computadores	2005	6.000*	No disponible	2013	19.000*
Análisis de flujos de residuos de computadores en los sectores formales e informal en Colombia (León,2010).		2005	8.500*	19.000*	2020	43.000*
Diagnóstico de computadores y teléfonos celulares (Ott,2008)	Teléfonos celulares	2005	500*	No disponible	20133	2.600*
Diagnóstico de electrodomésticos y aparatos electrónicos de consumo (Blaser,2009)	Neveras	2004	9.000	18.000	2018	19.000
	Lavadoras	2004	3.000	13.000	2018	22.000
	Televisores	2004	6.000	28.000	2018	38.000
	Equipos de video	2004	1.000	6.000	2018	8.000
	Equipos de audio	2004	5.000	17.000	2018	14.000
	Subtotal	2004	24.000	82.000	2018	101.000
Gestión de los residuos posconsumo de fuentes de iluminación, pilas primarias y secundarias (Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Universidad Nacional de Colombia, 2008)	bombillas	2003	4.142	16.248	2015	17.195
	pilas	2009	9.778	9.685	2014	9,685
Total			52.290	126.933		192.480

Nota. En la tabla se muestra diferentes estudios realizados en Colombia, para evaluar los valores aproximados de RAEE generados y los RAEE proyectados Tomado de: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2012). Informe de Gestión Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/aq9hl>

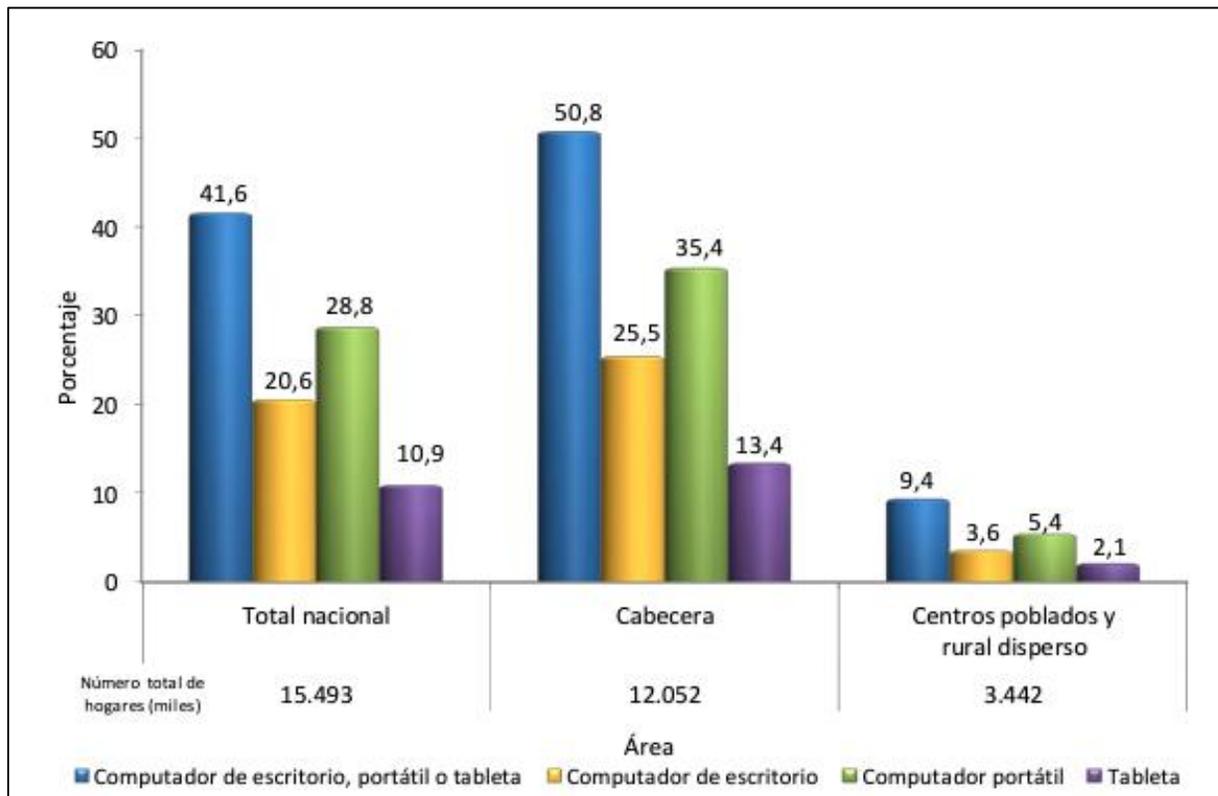
El problema central que se debe afrontar en Colombia es la inadecuada gestión de los RAEE. En Colombia se generaron 252 mil toneladas de RAEE domésticos en 2014, 5,3 kg. /habitante (Balde et al., 2017), 130 mil toneladas estimó el Consejo Nacional Ambiental (MADS - Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana, 2017) de RAEE de computadores, celulares, TV, audio, neveras, lavadoras, bombillas y pilas domésticos en 2014, 2 millones 100 mil toneladas de AEE importadas 20022012), El 67%, 1 millón 400 mil toneladas fueron AEE tipo domésticos, enseres mayores de hogar (13,5%), Computadores (7,1%), Refrigeración (6,4%), Equipos de telecomunicaciones (6,1%), Enseres de audio y video (5,2%), Electrónica de consumo (4,8%).

Por otro lado, para entender la generación de RAEE es importante analizar las variables que condicionan el comportamiento del mercado de equipos electrónicos en el país. Según datos publicados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2022) los televisores, equipos informáticos (computadoras y portátiles), y celulares son los bienes en TIC de mayor acceso y demanda a nivel nacional; entre ellos, el acceso a celulares presenta la mayor tasa de crecimiento anual (2,4%).

La información de crecimiento de la obtención de computadores se puede visualizar en la Figura 7, donde en los hogares colombianos ubicados en las cabeceras municipales son los que más alto tienen su porcentaje (50,8 computador de escritorio, portátil o tableta y 35,4 computador portátil) debido a la alta demanda de estos equipos a causa del cambio en la forma laboral de muchos de los habitantes de estos sectores.

Figura 7

Hogares colombianos por bienes electrónicos que poseen.

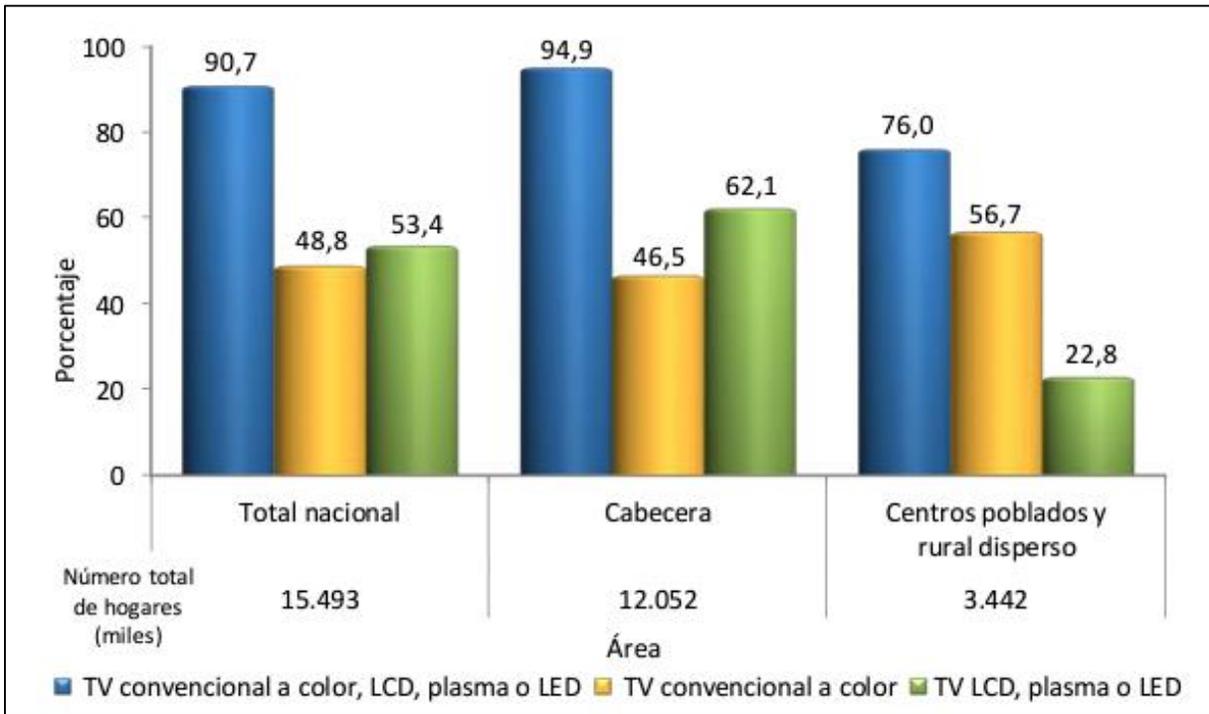


Nota. En la figura se muestra el incremento de adquisición de los AEE a nivel nacional, siendo más fuerte en los centros urbanos. Tomado de: Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-. (2022). Boletín Técnico Boletín Técnico. Encuesta Nacional de la Calidad de Vida. <https://n9.cl/73h3r>

De la misma manera se presenta un incremento en la adquisición de televisores, como se muestra en la Figura 8, teniendo de forma general un porcentaje alto (90,7 a nivel nacional, puntualmente en 94,9 en las cabeceras de los municipios y 76,0 en los centros poblados) intensificando de este modo los residuos eléctricos que salen de los equipos en reemplazo, la mayoría de estos no cumpliendo con el ciclo de aprovechamiento y terminando en botaderos de basura.

Figura 8

Hogares colombianos por tipo de televisor que poseen.

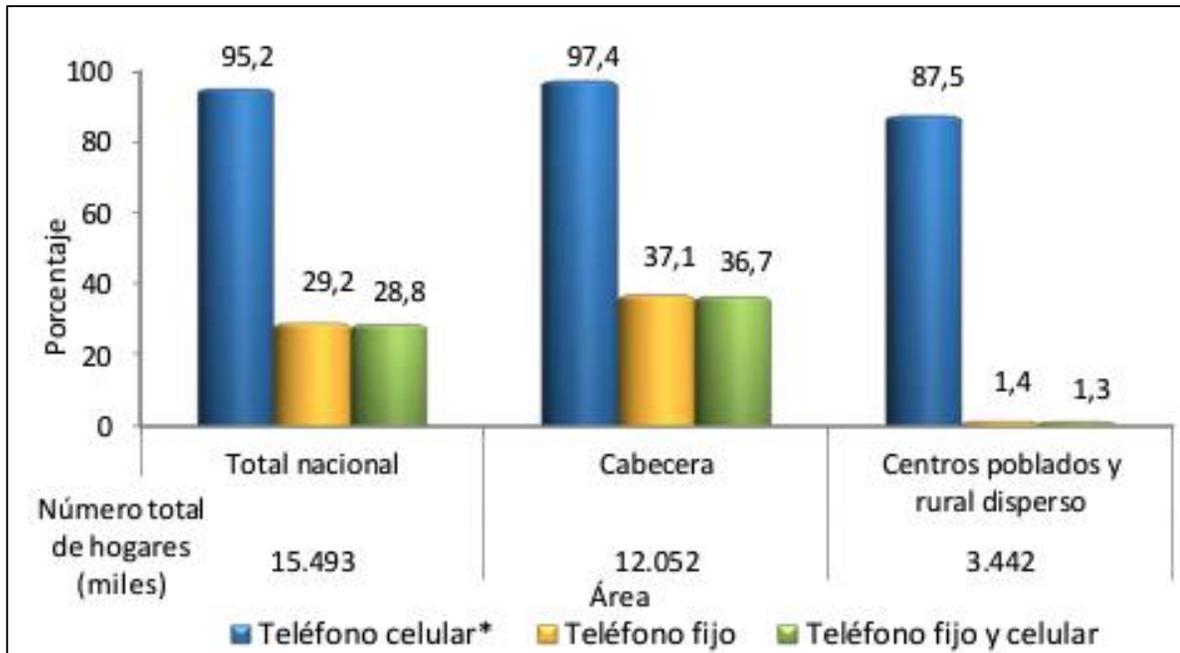


Nota. En la figura se muestra el incremento de adquisición de los AEE específicamente en los televisores, en todo el territorio nacional. Tomado de: Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-. (2022). Boletín Técnico Boletín Técnico. Encuesta Nacional de la Calidad de Vida. <https://n9.cl/73h3r>

Por otra parte, el servicio de telefonía se ha vuelto un bien necesario para el uso laboral, familiar y en si una dependencia en cada una de las actividades que realizan a diario los ciudadanos, es así como se muestra en la Figura 9 que en los hogares colombianos, ha incrementado la adquisición de este producto, con los porcentajes más altos a diferencia de los presentados anteriormente, lo que conlleva a una producción excesiva de residuos AEE, donde la mayoría de ellos no son llevados a los puestos especializados y están siendo simplemente un desecho no reutilizable.

Figura 9

Hogares colombianos por tipo de telefonía que poseen.



Nota. En la figura se muestra el incremento de adquisición de los AEE a nivel nacional específicamente en los teléfonos celulares. Tomado de: Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-. (2022). Boletín Técnico Boletín Técnico. Encuesta Nacional de la Calidad de Vida,. <https://n9.cl/73h3r>

1.7 Economía Circular y gestión adecuada de la RAEE

La economía circular, es interpretado como un mecanismo económico basado en la idea que los materiales que se desechan al finalizar la vida útil de los productos, pueden ser llevados a la utilización como materia prima para la realización de nuevos productos. Es por esto, que la gestión adecuada de RAEE con la implementación de la economía circular permitirá que estos se mantengan dentro de la cadena productiva, mitigando los impactos al ambiente y ofreciendo nuevas alternativas económicas (Heyes et al., 2018).

La Fundación para la Economía Circular (2017) dan a conocer la economía circular como “el valor de los productos, materiales y recursos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible y que se reduzca al mínimo la generación de residuos” y Tecnalía (2018) da a conocer que los aportes de la economía circular a la gestión de los residuos deben hacerse visibles con la optimización del uso de recursos (materiales, agua, energía), la minimización de la extracción de

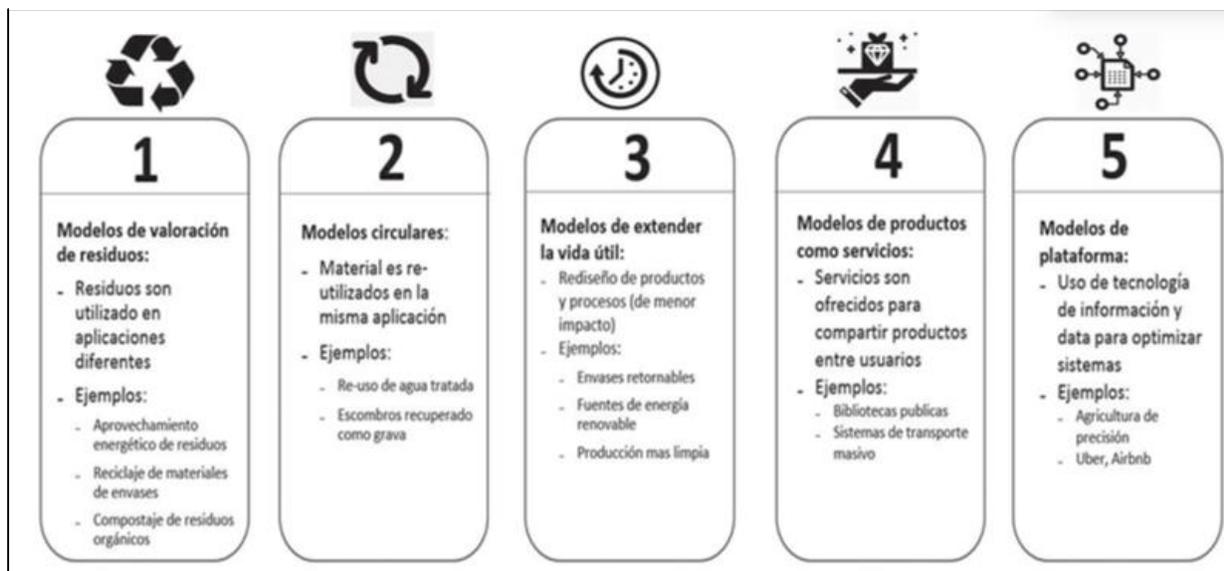
recursos vírgenes, la prevención de la generación de externalidades negativas (generación de residuos, emisiones, etc.) y la promoción y aumento de la resiliencia del sistema al ir minimizando el consumo de combustibles fósiles.

De acuerdo con la información encontrada, se puede evidenciar que la economía circular da una importancia a las etapas de la vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, teniendo en cuenta el momento de pos-consumo, la terminación de su utilidad, como un nuevo inicio en la cadena productiva de estos aparatos; lo que aporta a la auto- restauración y auto-generación del sistema productivo y aporta beneficios también desde lo ambiental, lo económico y lo social(Gallego Hernández, 2021), además de esto la escasez de algunas materias primas para la fabricación de algunos de sus componentes y que las tasas de reciclaje de los mismos pueden ser muy bajas (informe *global e-waste*).

Respecto a esto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo propone 5 tipologías de iniciativas innovadoras de la economía circular que pueden orientar la forma de construir modelos de gestión de RAEE en el marco de la denominada economía circular como se muestran en la Figura 10.

Figura 10

Tipologías de iniciativas innovadoras de la economía circular.



Nota. En la figura se muestra los diferentes modelos que se presentan en la economía circular, describiendo en ellos sus principales características y beneficios. Tomado de: *European Commision -EC-. (2020). Circular Economy Action Plan.* <https://n9.cl/p4yyh>

Desde este punto de vista, los RAEE pueden vincularse con la circularidad desde las tipologías 1, 2 y 3 para la valoración de residuos (reciclaje), la promoción de la reutilización de aparatos eléctricos y electrónicos y la extensión de su vida útil. En todos los casos, lo más importante es vincular los residuos de unos procesos productivos con las materias primas de otros, buscando aportar al uso inteligente de productos, materiales y recursos. En este sentido, los centros urbanos ofrecen oportunidades interesantes para diseñar modelos de gestión de RAEE en el marco de la denominada economía circular, porque pueden apoyarse en la infraestructura con que se cuenta para generar conexiones y sinergias 28 que permitan ir llevando los territorios a la sustentabilidad. Así mismo, los modelos de negocio, cadenas de valor o de suministro sostenibles, parques industriales eco-eficientes, entre otras, son “vehículos” que pueden aportar al desarrollo de la misma (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

2. IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS RAEE

Los componentes más importantes de los RAEE son metales pesados y sustancias peligrosas, altamente contaminantes y con un elevado riesgo para la salud humana y el ambiente si no son gestionados de forma adecuada. Algunos de estos equipos tienen como composición original el plomo, el cadmio y el mercurio; las sustancias que pueden añadirse durante algunos procesos de recuperación, como el cianuro; y las sustancias no intencionales que pueden formarse durante estos procesos como las dioxinas y furanos (Lundgren, 2012), es por esto que el reciclaje adecuado y el proceso de recolección de estos equipos es de vital importancia para contribuir en una mejora del impacto ambiental del medio ambiente.

- Las sustancias tóxicas se pueden encontrar en los siguientes tipos de emisiones o salidas (Lundgren, 2012):

- Lixiviados procedentes de actividades de tratamiento y disposición final.
- Material particulado (partículas gruesas y finas) procedentes de las actividades de desmantelamiento de los aparatos.
- Cenizas liberadas al aire y cenizas residuales de las actividades de quema o incineración de componentes.
- Liberación de humos de mercurio amalgamado provenientes de actividades de “cocción”, de remoción de soldaduras y otras propias de la quema de componentes.
- Aguas de desecho provenientes de instalaciones de trituración y desmontaje de los aparatos.

Dicho esto, los procesos de recuperación y reciclaje de los RAEE pueden inferir en que sus trabajadores tengan una exposición directa o indirecta con estas sustancias peligrosas contenidas en los aparatos eléctricos y electrónicos o formadas y liberadas por prácticas inseguras de reciclaje, esto debido frecuentemente a la falta de tratamiento de los gases durante los procesos de reciclaje, específicamente en el de fundición (Magalini et al., 2015,p.25).

Por otra parte, la contaminación ambiental proveniente de la extracción inapropiadas de los componentes aprovechables de los RAEE, pueden generar una exposición indirecta de las personas

que habitan o permanecen en los alrededores de los lugares propuestos para la manipulación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos por medio de la contaminación del suelo, el aire y el agua.(Perkins, Brune, Nxele, & Sly, 2014,p.13).

De acuerdo con la información presentada en el artículo del observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020 (Forti et al., 2020) se puede deducir que los residuos de los aparatos electrónicos y eléctricos abarca componentes tóxicos o sustancias peligrosas, como el mercurio, los retardantes de llama bromados (BFR) y los clorofluorocarbonos (CFC) o los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), según el estudio de este observatorio, “los residuos mundiales de aparatos eléctricos y electrónicos no documentados se detectan cada año 50 t de mercurio y 71 kt de plásticos BFR, que se liberan en su mayoría en el medio ambiente y afectan a la salud de los trabajadores expuestos” (Kuehr et al., 2020,p.20).

Así mismo, los estudios y artículos publicados por el Ministerio de Ambiente y el observatorio mundial de residuos electrónicos evidencian que la gran problemática frente a estos residuos es la gestión inadecuada de los mismos, reforzando de esta manera el calentamiento global, puesto que si estos componentes no se reciclan, no pueden sustituir las materias primas primarias, ni reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la extracción y el refinado de dichas materias primas. Además, los gases refrigerantes empleados en ciertos aparatos de intercambio de temperatura son gases de efecto invernadero. Un total de 98 Mt de CO₂ equivalente se liberó a la atmósfera a partir de frigoríficos y aparatos de aire acondicionado desechados, que no se gestionaron de manera ambientalmente racional. Esta última cifra equivale a aproximadamente el 0,3% de las emisiones mundiales relacionadas con la energía de 2019 (AIE) (Kuehr et al., 2020,p.17).

2.1 Etapas del ciclo de vida

Para la elaboración de la mayoría de productos eléctricos y electrónicos se establecen fases donde por medio de bocetos se van estableciendo el peso, el tamaño y la facilidad de transportar el producto.

1. Extracción de materiales: la industria eléctrica y electrónica utiliza para la producción de sus productos variedad de metales, plásticos y productos químicos. Algunos de los metales más comunes incluyen cobre, litio, estaño, plata, oro, níquel y aluminio (Clerc et al., 2021,p.16).
2. Proceso y fabricación: actividades necesarias para convertir las materias primas y energía en el producto deseado. La mayoría de los materiales nombrados en el punto 1 son claves para el funcionamiento interno de estos dispositivos, algunos de ellos son conductores y se utilizan en el cableado de dispositivos, los plásticos se moldean en revestimientos y carcasas, estos son algunos de los procesos que se realizan para la modificación de estos materiales, lo que hace que su producción sea costosa y requiera un uso significativo de energía (Clerc et al., 2021,p.16).
3. Distribución y transporte: traslado del producto final al cliente.
4. Uso, reutilización y mantenimiento: en la actualidad, se utiliza de forma habitual este tipo de aparatos, ya que se han convertido en elementos fundamentales para las actividades diarias, desde los grandes electrodomésticos como neveras, lavadoras o televisores, hasta teléfonos, celulares, pc y tabletas, todos ellos son aparatos eléctricos y electrónicos, la mayoría de estos productos al cumplir con el funcionamiento optimo son desechados y cambiados por productos nuevos.
5. Reciclaje: es un proceso que se lleva a cabo en dispositivos electrónicos. Implica el desmontaje y separación de sus componentes y la recuperación de sus materias primas: plásticos, metales, entre otros (SGS, s.f.; Dinero, 2018). Este tipo de reciclaje se hizo necesario porque los residuos electrónicos contienen metales pesados muy contaminantes (mercurio, cromo y plomo, entre otros), cuya cantidad está aumentando muchísimo. Según la Plataforma para Acelerar la Economía Circular (PACE) y la Coalición de Residuos Electrónicos de Naciones Unidas, mientras que se crean 50 millones de toneladas de basura electrónica anualmente, tan solo se recicla menos del 20% (Mapfre, 2019,p.16).

6. Gestión de los residuos: para dar inicio a la gestión se lleva a cabo el desmontaje y la descontaminación de los RAEE, ya que es necesario eliminar los compuestos peligrosos como aceites, mercurio o amianto y otros muchos más que pueden ir en los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos.
7. Después de esto se lleva a cabo la trituración y la división de los restos en cuatro categorías: metales de hierro, otros metales no férricos, vidrios y plásticos. Estos materiales recuperados son nuevamente puestos en el mercado como base para nuevos aparatos eléctricos o electrónicos, ahorrando la utilización de materias primas provenientes de la naturaleza y en consonancia con el concepto de **Economía Circular**. Una vez hecho esto los materiales ya se encuentran aptos para el reciclaje y para ser utilizados en nuevos productos, lo que da lugar a un doble ahorro: energético y de materias primas. La proporción de cada una de ellos dependerá del tipo de aparato de que se trate. Un aparato de línea blanca está constituido principalmente por metales, mientras que en un equipo electrónico de consumo es el plástico su principal componente, así que la proporción de materiales que obtengamos dependerá del tipo de residuo que tratemos (eco-raee, 2018).

2.1.1 Agentes participes en el ciclo de vida de un RAEE

- **Consumidores**

los compradores de RAEE deben entregarlos en puntos específicos para su correcta disposición y gestión, como puntos limpios. La labor de este agente en la cadena de gestión de estos residuos resulta fundamental, ya que la disposición que realice el usuario influirá en la correcta gestión o tratado de forma correcta. Es necesario para que se cumpla con la eficiente labor de este primer eslabón, se proporcione la información ambiental y los puntos cercanos donde pueda disponer de estos productos (Uparela & Quiroz Ruiz, 2015,p.22).

- **Productores**

Se consideran productores a las personas que:

- Fabrican y venden aparatos electrónicos con sus marcas propias.
- Venden aparatos con su propia marca, aunque su manufactura haya sido realizada por otros fabricantes.
- Importación o exportación de estos aparatos con terceros países (OIT, 2007,p.30).

De acuerdo con la fabricación de estos productos los productores y distribuidores, deben cumplir con las siguientes obligaciones para impulsar la gestión correcta de estos residuos:

- Tener la responsabilidad de financiar los costes de gestión de los aparatos eléctricos y electrónicos que ellos fabrican cuando se convierten en residuos.
- Proporcionar la información necesaria al usuario de los aparatos eléctricos y electrónicos que adquieren, incluyendo información sobre la correcta gestión ambiental, los sistemas de devolución y recogida selectiva.

- **Sistemas Integrados de Gestión**

Son entidades en las que participan los productores de aparatos electrónicos y su principal objetivo es la creación de una organización selectiva que responda a las necesidades de gestión de los RAEE, en el SIG se tiene funciones como (Gallego Hernández, 2021,p.27):

- Establecimiento, desarrollo y gestión de los sistemas de recogida, tratamiento y control de los RAEE al final de su ciclo de vida.
- El productor debe declarar los AEE puestos en el mercado, realizándoles a través de las plataformas específicas que enviarán dicha información al registro del ministerio.
- Implantar los procesos logísticos para la recogida selectiva.

- Organizan o participan en acciones de prevención y educación ambiental, mediante convenios con otras organizaciones y campañas de sensibilización. De igual manera, se encargan de la formación de productores y distribuidores en el manejo de los RAEE.

- **Plantas de tratamiento de RAEE**

Las plantas recicladoras o de tratamiento suelen asociarse a sistemas integrados de gestión, teniendo la función de tratar, reciclar y valorizar los residuos que proceden de estos.

Ya cuando se haya gestionado y traslado los residuos a la planta de tratamiento, se someten al siguiente proceso.

- Desmontaje manual y extracción de componente potencialmente peligrosos, entre los que se encuentran:

- PCB, agentes cancerígenos contenidos

- Metales pesados, tubos de rayos catódicos

- Materiales bromados

- Reciclaje mecánico: extracción y triturado de materiales

- Incineración y refinado, para la recuperación de metales

- Reciclaje químico de los metales preciosos que contienen las pacas de circuitos.

Por lo general estas plantas son las encargadas de los procesos de desmontaje, descontaminación, extracción y triturado de materiales, una vez triturados los materiales recuperados se clasifican en: los que son valorizables y que se suministran como materias primas a otras industrias y los que no pueden ser utilizados y deben ser eliminados con tratamientos finales (Revista Técnica de Medio Ambiente, 2013, p.45).

Los materiales valorizables, que son las partes que entrarían a un proceso de economía circular serían, en primer lugar, las partes de acero, hierro, aluminio, metales preciosos y cobre donde por medio de la trituración, la incineración y el enfriamiento, pueden recuperarse la mayor parte de ellos mientras que los procesos químicos se reservan para la separación de los metales preciosos

presentes en los circuitos. Los plásticos, en esta es importante la correcta clasificación previa (Clerc et al., 2021,p.15).

2.2 Análisis obsolescencia de los RAEE

Para entrar a analizar la obsolescencia en los aparatos eléctricos y electrónicos es importante entender que hay tres tipos de obsolescencia que hoy por hoy está afectando al consumidor, la primera de ellas es la obsolescencia programada donde Packard (1960), quien es uno de los primeros autores en introducir este concepto señala que está “es usada como estrategia para influenciar tanto la forma del producto como la actitud mental del consumidor”. En tal sentido, se puede decir que está surge como un fenómeno por parte de los productos para aumentar sus utilidades influenciando las decisiones de los compradores por medio de la caracterización de los productos, es decir que en términos generales el productos se encarga de realizar una modificación en la forma y componentes del productos, haciendo que este pierda utilidad, funcionalidad o estética frente al consumidor con el objetivo de que lo más pronto posible adquiriera un nuevo teniendo así la garantía de que abra un movimiento en la cadena de consumo y producción (Uparela & Quiroz Ruiz, 2015,p.25).

De acuerdo a esta obsolescencia programada se identifican varios tipos según el autor Keeble (2013) las cuales son:

- ***Obsolescencia funcional:***

En este tipo de obsolescencia según Maycroft lo describe como el “diseño de ciertos componentes de manera que su punto de falla puede ser calculado y predicho para que ocurra prematuramente en relación con el producto como un todo” (2009, 16). Es decir, que desde el momento en que ha sido fabricado el producto está desarrollado para fallar en un momento concreto designado por el fabricante, el cual no necesariamente corresponde con la idea de durabilidad que tiene en mente el consumidor.(Tabares Hoyos & López Cardona, 2015,p.13).

Esto implica que llegado el “punto de falla” el producto presentara problemas indicándole al consumidor que debe cambiarlo o reemplazarlo por uno nuevo, como lo señala Aladeojebi (2013), el fabricante se encarga de producir artículos “que son difíciles de reparar y por su alto precio de reparación desalientan a los consumidores y ellos más bien sustituyen su producto por uno nuevo”.

- *Obsolescencia tecnológica*

Esta obsolescencia está relacionada con el avance tecnológico en el que el mundo se enfrenta día a día, en el que cada vez son más frecuentes las “nuevas funciones” que la tecnología permite llevar a cabo con los aparatos electrónicos. Sin embargo, debido a las ofertas lanzadas al mercado en corto tiempo con mejor tecnología de la adquirida en ese momento, el consumidor tiende a considerar el cambio de sus productos, ya que el que adquirió se empieza a volver obsoleto.

Considerando lo dicho anteriormente, se afirmaría lo mencionado por Keeble (2013) “una vez que la compañía lanza un producto al mercado, ya se encuentra en la etapa final de diseño y producción del producto que tomará su lugar”. Este a su vez da un ejemplo que es lo que ocurre con los teléfonos celulares, ya que una vez presentado al mercado un nuevo teléfono o una serie más actualizada “los contratos de telefonía hacen posible que los consumidores puedan adquirir casi que inmediatamente este nuevo producto, a través de diferentes formas de financiación” (Keeble, 2013, p.14). Bajo esta lógica Illich (2007) afirma que: si las cosas nuevas son hechas porque son mejor[es], entonces la mayoría de las cosas que la gente usa no son tan buenas. Los nuevos modelos constantemente renuevan la pobreza. El consumidor siente el retraso de lo que tiene y lo que debería conseguir... El “mejor” reemplaza el “bueno” como concepto normativo fundamental. (Keeble,2007,p.18).

De acuerdo con este tipo de obsolescencia, el consumidor puede tener un producto en óptimas condiciones, pero debido al consumismo al ver “mejores” opciones que han salido al mercado por sus avances tecnológicos en dicho producto, el consumidor en corto tiempo se verá “incentivado” en adquirir un nuevo producto, donde en unos meses será obsoleto por su fecha de fabricación y así seguirá creciendo la cadena de consumo y producción (Tabares Hoyos & López Cardona, 2015,p.40).

- ***Obsolescencia estilo***

Esta forma de obsolescencia se puede decir que es la que más influencia de forma directa en la mente del consumidor, puesto que se manipula la manera como el consumidor percibe el producto, de acuerdo como lo Keeble (2013) “la obsolescencia de estilo ocurre cuando un producto se convierte en menos de moda y poco deseado debido a las tendencias que están apuntando en diferente dirección. El producto es casi igual de funcional y puede funcionar en el mismo sentido, solo que ya no es “tan” estético”. De acuerdo con lo dicho anteriormente este tipo de obsolescencia el consumidor se ve influenciado por los cambios estéticos con respecto a un nuevo producto, por lo tanto, considera obsoleto su producto actual y decide adquirir uno nuevo. Se observa entonces que esta decisión de consumo estuvo motivada por asuntos muy alejados de la funcionalidad misma del producto, dirigiendo la atención a aspectos relacionados con el estilo y forma que lo hacen más a tono con las tendencias del mercado y más “agradable” a la vista del consumidor (Tabares Hoyos & López Cardona, 2015,p.40).

- ***Obsolescencia retrasada***

En este tipo de obsolescencia el productor decide cuando un producto entra a ser obsoleto en términos tecnológicos, según Keeble “una compañía tiene la tecnología para adiccionarla a sus productos, pero escoge hacerlo solo a sus productos más emblemáticos” (2013, p.16). Este tipo de obsolescencia hace referencia a que en el mercado se pueden encontrar productos más costosos y mejor equipados tecnológicamente, y por otro lado otros con menor tecnología a un precio mucho menor.

De acuerdo a lo analizado anteriormente y a lo que se ve actualmente en la sociedad, los consumidores, los productores y el mundo actual gira entorno a la economía del mercado, donde no se satisface como tal las necesidades de los consumidores, sino se incrementa la producción de productos lo que lleva a una alta cadena de consumo, beneficiándose entonces solo los productores, poniendo en crecimiento la contaminación por el uso excesivo de los recursos naturales, sin tener una responsabilidad social y ambiental activa. Es aquí donde entra un papel importante la obsolescencia de los productos, llevan a crear una necesidad y “motivación” de compra

desenfrenada de todo tipo de productos, sin tener una consciencia de los desechos generados después de su uso y término de vida útil, como lo referencia el autor Thompson en el año 2006 “la necesidad humana es el blanco al que apunta la mercadotecnia actual para cumplir una de sus principales funciones, y es la de identificar y satisfacer las necesidades existentes en el mercado”, cobrando todo sentido, puesto que si las personas no tienen alto nivel de consumo la economía no progresa por la falta de dinamismo y productividad; los industriales y empresarios han implementado estrategias de producción y de venta que garantizan la frecuencia de compra. Con la implementación de estas estrategias, sólo se está viendo el negocio desde lo monetario y no desde el impacto ambiental, generando desequilibrio en cuanto a lo que se produce, cuánto tiempo se usa y cómo se recicla. Crítica que se le atribuye al marketing moderno. (Uparela & Quiroz Ruiz, 2015,p.26) .

Estas acciones realizadas en la sociedad actual, al ser consumistas, no responden a la economía circular, concepto que es consecuencia de la obsolescencia; según el economista Estevez (2013) se debe “diseñar productos sin desechos, que faciliten su desmontaje y su reutilización, así como en definir modelos empresariales para que los fabricantes puedan ser incentivados económicamente para recoger, volver a fabricar y distribuir los productos que hacen”.

Es por esto, que para neutralizar la obsolescencia programada la clave está en las prácticas responsables que practiquen en la fabricación de cada producto, implementando modelos de negocios que permitan apuntar a la economía de la recuperación y la reutilización, , pero también, y sobre todo, a la economía de la recreación, logrando la aplicación del principio cradle to cradle, es decir, de “la Cuna a la Cuna: rediseñando la forma en que hacemos las cosas” (Mcdonough,2015,p.13).

3. PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

En busca de diagnosticar la problemática de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE, en Colombia, desde el 2007 se iniciaron los primeros estudios liderados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y otras entidades nacionales e internacionales para estimar las cantidades de generación de algunas corrientes de RAEE, incluyendo computadores, teléfonos celulares, electrodomésticos, pilas y bombillas.

En el ámbito local respecto a la generación de los RAEE, un estudio de la Secretaría de Ambiente de Bogotá 11 reveló que en el 2010 la capital del país generó 21.959 toneladas de estos aparatos, de las cuales tan solo 1.400 fueron tratadas por empresas autorizadas para su manejo. De este total, el 39,8 % (8748) fueron neveras y lavadoras; el 38,7 % (8511) equipos de sonido, televisores, hornos, reproductores de DVD y licuadoras y el 18,5 % (4068) computadores y celulares. Respecto a los sistemas de recolección y gestión de los residuos de computadores e impresoras, pilas y acumuladores y bombillas, desde el 2012 –cuando se ponen en marcha estos sistemas–, los productores han presentado un total de 97 sistemas, de los cuales 60 han sido aprobados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. 12 De estos sistemas, 89 son individuales y ocho son colectivos e involucran a 179 productores, para un total de 268 productores de estos aparatos eléctricos y electrónicos implementando tales sistemas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,2017,p.45).

Dicho lo anterior, la información y los reportes generados por el Ministerio de Ambiente se desarrolló una matriz de evaluación de impacto ambiental con base en la matriz Leopold para evaluar el impacto ambiental que pueden generar estos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y dos matrices de decisión para disponer de los valores más altos y poder diseñar una guía que busque el manejo adecuado de estos al final de sus ciclo de vida, llevándolos a que continúe su ciclo de vida y se disminuya la generación de residuos en el país.

Los valores que fueron establecidos para la primera matriz de decisión 1 (Tabla 4), donde se evalúan las etapas del ciclo de vida de los RAEE se presentan en la Tabla 2 y 3.

Tabla 2

Valores establecidos para matriz de decisión.

Importancia
1 = menos / poco importante
2 = Importante
3 = muy importante

Tabla 3.

Valores establecidos para puntuación matriz de decisión.

Puntuación
1 = cumple criterios de 0% a 20 %
2 = cumple criterios de 20% a 40 %
3 = cumple criterios de 40% a 60 %
4 = cumple criterios de 60% a 80 %
5 = cumple criterios de 80% a 100 %

Tabla 4*Matriz de decisión evaluación de etapas del ciclo de vida de los RAEE.*

INDICADORES	IMPORTANCIA	PUNTUACIÓN			BREVE JUSTIFICACIÓN DE LA PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA			TOTAL
		LÍNEA BLANCA	LÍNEA MARRÓN	LÍNEA GRIS		LÍNEA BLANCA	LÍNEA MARRÓN	LÍNEA GRIS	
Entrega de RAEE a sitios de recolección asignada	3	1	2	2	Los usuario y/o consumidores deben entregar los RAEE en los puntos de recolección que dispongan los productores o terceros que actúen en su nombre	3	6	6	15
Convenio con empresas gestoras autorizadas	3	5	2	2	Los usuario y/o consumidores deben contar con empresas gestoras que garanticen un manejo adecuado de los RAEE	15	6	6	27
Puntos de acopio que cuentan con estándares establecidos en las entidades públicas.	2	2	2	3	Los usuario y/o consumidores deben contar con su punto de acopio de RAEE dentro de su instalación que cumpla con los estándares establecidos por estos.	4	4	6	14
Sistemas de recolección y gestión brindados por productores o terceros que actúen en su nombre.	3	1	2	2	Los usuario y/o consumidores deben contar con sistemas de recolección y gestión ambientalmente segura de los residuos de los productos brindados por productores y/o proveedores.	3	6	6	15

Tabla 4. (Continuación)

Alternativa de aprovechamiento o valorización de RAEE	3	2	2	2	Los usuario y/o consumidores deben contar con alternativas de aprovechamiento o valorización de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos brindados por los productores	6	6	6	18
Información por parte de los productores y proveedores sobre los parámetros para una correcta devolución y gestión de RAEE hacia los usuarios y/o consumidores	2	1	2	2	Los usuario y/o consumidores deben tener conocimiento sobre los parámetros para una correcta devolución y gestión de los RAEE brindada por productores y/o proveedores.	2	4	4	10
Información por parte del productor hacia usuarios finales sobre la correcta disposición de RAEE	2	1	1	1	Los usuario y/o consumidores deben estar informados por parte de productor y/o proveedor sobre la prohibición de disponer residuos de aparatos eléctricos y electrónicos junto con los residuos domésticos.	2	2	2	6

Nota. Los indicadores presentados en la tabla se basaron en la información presentada en el Decreto 284 del 2018 capítulo II donde se contempla el alcance de las obligaciones de los actores involucrados en el sistema de recolección y gestión de RAEE. Tomado de: Portal Único del Estado Colombiano. (2018). Decreto 284 de 2018. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85199>

De acuerdo a los resultados de la matriz de decisión presentada en la Tabla 4 y los indicadores basados en las etapas de vida de los RAEE sobresale que los puntaje más altos los tienen convenio con empresas de gestores autorizadas y alternativas de aprovechamiento o valorización de RAEE, deduciendo de esta manera que estos son las etapas en las que se está fallando a la hora de plantear un ciclo de vida positivo en los AEE.

Tabla 5

Valores establecidos en la matriz de evaluación ambiental.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	Tipo de impacto (TI)	Sin impacto	0	TOTAL PONDERADO (TP) = TI*(D+I+AI+IM+P)
		Negativo	-1	
		Positivo	1	
	Duración (D)	Corto Plazo	1	
		Mediano plazo	5	
		Largo Plazo	10	
	Intensidad (I)	Baja	1	
		Media	5	
		Alta	10	
	Importancia (IM)	Puntual	1	
		Local	5	
		Regional	10	
	Área influencia (AI)	Baja	1	
		Media	5	
		Alta	10	
Probabilidad (P)	Poco probable	1		
	Probable	5		
	Muy Probable	10		

Nota. Los criterios de evaluación para la matriz de impacto ambiental se tomaron de a los establecido en la Guía técnica para la identificación de Aspectos e Impactos ambientales. Tomado de: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2015). Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales. <https://urlshort.in/dqDJD>

Los valores que fueron establecidos para realizar la segunda matriz sobre la evaluación de impactos ambientales en los RAEE de acuerdo a los indicadores dependiendo la categoría RAEE son los que se evidencian en la Tabla 5.

En la tabla 6 que se presenta a continuación, se puede evidenciar una gran problemática generada por la alta producción de los productos AEE, por su inadecuada gestión y la falta de conocimiento que tienen tanto las empresas como los compradores en los gestores para el adecuado proceso de reciclaje de estos residuos, además de esto de acuerdo a los indicadores presentados todos los residuos AEE presentan un gran impacto ambiental mostrado en la tabla 7 en cada uno de sus procesos, por esto la importancia de incorporar el sistema de economía circular para mitigar en gran medida la contaminación que generan estos productos al medio.

Tabla 7

Sumatoria de los indicadores de evaluación.

CTG RAEE	INDICADOR	Extracción de materiales	Proceso y fabricación	Distribución y transporte	Uso, reutilización y mantenimiento	Reciclaje	Gestión de los residuos	TOTAL TP
		TP	TP	TP	TP	TP	TP	
L i n e a	calentamiento global (calentamiento atmosférico cerca a la superficie terrestre)	-40	-50	-41	30	18	18	-65
	Acidificación (Contaminación del aire con dióxido sulfúrico, amonio y óxido nítrico)	-30	-50	-45	0	0	0	-125
	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua)	0	-30	0	0	0	0	-30
B l a n c a	Daño a la capa de ozono (Reducción de la protección de la radiación ultravioleta)	-45	-50	-50	31	27	23	-64
	Creación de smog (Por contaminantes tales como óxido nítrico, dióxido de azufre, COVs y particulados)	-31	-45	-50	0	0	0	-126
	Deterioro abiótico (Agotamiento de recursos naturales no renovables tales como minerales)	-25	-45	0	0	0	0	-70
	residuos y reciclables	-30	-31	0	31	50	50	70
SUBTOTALES		-201	-301	-186	92	95	91	-410
L i n e a	calentamiento global (calentamiento atmosférico cerca a la superficie terrestre)	-30	-40	-41	21	22	18	-50
	Acidificación (Contaminación del aire con dióxido sulfúrico, amonio y óxido nítrico)	0	-25	-45	0	0	0	-70
	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua)	0	-21	0	0	0	0	-21
M a r r ó n	Daño a la capa de ozono (Reducción de la protección de la radiación ultravioleta)	-35	-40	-41	26	18	18	-54
	Creación de smog (Por contaminantes tales como óxido nítrico, dióxido de azufre, COVs y particulados)	-35	-35	0	0	0	0	-70
	Deterioro abiótico (Agotamiento de recursos naturales no renovables tales como minerales)	-25	-30	-14	0	0	0	-69
	residuos y reciclables	-30	-31	-5	31	41	50	56
SUBTOTALES		-155	-222	-146	78	81	86	-278
L i n e a	calentamiento global (calentamiento atmosférico cerca a la superficie terrestre)	-30	-40	-41	21	22	18	-50
	Acidificación (Contaminación del aire con dióxido sulfúrico, amonio y óxido nítrico)	0	-25	-45	0	0	0	-70
	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua)	0	-21	0	0	0	0	-21
G r i s	Daño a la capa de ozono (Reducción de la protección de la radiación ultravioleta)	-30	-40	-50	22	23	23	-52
	como óxido nítrico, dióxido de azufre, COVs y particulados)	0	-35	-50	0	0	0	-85
	Deterioro abiótico (Agotamiento de recursos naturales no renovables tales como minerales)	-21	-30	0	0	0	0	-51
residuos y reciclables	-45	-26	-5	23	41	50	38	
SUBTOTALES		-126	-217	-191	66	86	91	-291

Nota. En la figura se presenta una evaluación de los RAEE de acuerdo a su categoría, indicando los niveles de contaminación de acuerdo a cada etapa del ciclo de vida.

De acuerdo con los datos arrojados en la matriz de evaluación de impacto ambiental de los RAEE se establece un rango de valores asociados de igual manera a un color para identificar el grado de afectación para cada uno de los indicadores evaluados, mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8

Rango de valores para matriz de impacto ambiental.

NIVEL DE IMPACTO	CALIFICACIÓN
Bajo	-1 a -30
Medio	- 31 a - 61
Severo	- 62 a - 92
Crítico	>93

Nota. Los rangos de valores para la matriz de impacto ambiental se tomaron de acuerdo a lo establecido en la Guía técnica para la identificación de Aspectos e Impactos ambientales. Tomado de: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2015). Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales. <https://urlshort.in/dqDJD> <https://urlshort.in/dqDJD>

Tabla 9

Matriz de impacto ambiental según indicadores por categoría RAEE.

CTG RAEE	INDICADOR	Extracción de materiales	Proceso y fabricación	Distribución y transporte	Uso, reutilización y mantenimiento	Reciclaje	Gestión de los residuos	TOTAL TP
		TP	TP	TP	TP	TP	TP	
L i e n e a B l a n c a	calentamiento global (calentamiento atmosférico cerca a la superficie terrestre)	-40	-50	-41	30	18	18	-65
	Acidificación (Contaminación del aire con dióxido sulfúrico, amonio y óxido nítrico)	-30	-35	-35	0	0	0	-100
	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua)	0	-30	0	0	0	0	-30
	Daño a la capa de ozono (Reducción de la protección de la radiación ultravioleta)	-45	-50	-50	31	27	23	-64
	Creación de smog (Por contaminantes tales como óxido nítrico, dióxido de azufre, COVs y particulados)	-31	-45	-50	0	0	0	-126
	Deterioro abiótico (Agotamiento de recursos naturales no renovables tales como minerales)	-25	-45	0	0	0	0	-70
	residuos y reciclables	-30	-31	0	31	50	50	70
	SUBTOTALES	-201	-286	-176	92	95	91	-385
L i e n e a M a r r ó n	calentamiento global (calentamiento atmosférico cerca a la superficie terrestre)	-30	-40	-41	21	22	18	-50
	Acidificación (Contaminación del aire con dióxido sulfúrico, amonio y óxido nítrico)	0	-30	-50	0	0	0	-80
	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua)	0	-21	0	0	0	0	-21
	Daño a la capa de ozono (Reducción de la protección de la radiación ultravioleta)	-35	-40	-41	26	18	18	-54
	Creación de smog (Por contaminantes tales como óxido nítrico, dióxido de azufre, COVs y particulados)	-35	-40	0	0	0	0	-75
	Deterioro abiótico (Agotamiento de recursos naturales no renovables tales como minerales)	-25	-30	-14	0	0	0	-69
	residuos y reciclables	-30	-31	-5	31	41	50	56
	SUBTOTALES	-155	-232	-151	78	81	86	-293
L i e n e a G r i s	calentamiento global (calentamiento atmosférico cerca a la superficie terrestre)	-30	-40	-41	21	22	18	-50
	Acidificación (Contaminación del aire con dióxido sulfúrico, amonio y óxido nítrico)	0	-25	-50	0	0	0	-75
	Eutrofización (enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua)	0	-21	0	0	0	0	-21
	Daño a la capa de ozono (Reducción de la protección de la radiación ultravioleta)	-30	-40	-50	22	23	23	-52
	Creación de smog (Por contaminantes tales como óxido nítrico, dióxido de azufre, COVs y particulados)	0	-45	-50	0	0	0	-95
	Deterioro abiótico (Agotamiento de recursos naturales no renovables tales como minerales)	-21	-40	0	0	0	0	-61
	residuos y reciclables	-45	-26	-5	23	41	50	38
	SUBTOTALES	-126	-237	-196	66	86	91	-316

Nota. En la figura se presentan los resultados de la matriz de impacto ambiental de los RAEE de acuerdo a su categoría, indicando por medio de colores los niveles de contaminación de acuerdo a cada etapa del ciclo de vida.

En los resultados arrojados por la matriz de EIA presentados en la Tabla 9 se pudo evidenciar los problemas ambientales que se están presentando por el manejo que se le ha venido dando a los RAEE, teniendo en la valoración un estado crítico las siguientes categorías de RAEE:

En la categoría blanca, la cual comprende electrodomésticos como: neveras, hornos y cocinas se ve su contribución a la contaminación al aire, por la cantidad de compuestos químicos que se tienen en su elaboración para su funcionamiento, además de esto al término de su vida útil el proceso de reutilización es más complejo, puesto que los compuestos que tiene son altamente contaminantes para la atmósfera.

En las 3 categorías se puede ver reflejados que los dispositivos eléctricos y electrónicos para su elaboración y distribución requieren de un uso excesivo de energía provenientes de los recursos naturales y requieren del uso de gasolina, carbón y agua, colocándolos en un nivel crítico, puesto que con el aumento de su producción se ha necesitado más de cada uno de estos. De igual manera se puede determinar que las entidades no realizan entrega de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y esto se debe principalmente a que los usuarios y/o consumidores desconocen las responsabilidades y obligaciones de los productores y/o proveedores estipulados en la Ley 1672 de 2013, en los cuales deben facilitar puntos de recolección donde sus usuarios finales puedan llevar sus residuos de los AEE que estos mismos les suministran.

De acuerdo con los resultados de la matriz de decisión que evaluaba la ejecución que se tiene en Colombia para cada una de las etapas del ciclo de vida los RAEE, se visualizó que en lo que más se presenta falencia es la gestión con las empresas de gestores autorizadas y las alternativas de aprovechamiento o valorización de RAEE que se tiene en Colombia.

Por último, en la matriz de evaluación de impacto ambiental, aunque de allí el panorama respecto a los RAEE en Colombia presenta principalmente falencias en los procesos de reciclaje y la gestión que se realiza con estos residuos, se tomó como referencia la categoría de línea gris y se tendrá como base los ponderados más altos para incluirlos como prioridad en el desarrollo de la guía.

4. GUÍA PRODUCTORES Y GESTORES

Con el fin de cumplir con el Plan de Acción para la Economía Circular (2015) donde se abordan los desafíos de, entre otros, uso de recursos en productos electrónicos y la Agenda global 2030 de la ONU ha un objetivo (ODS 12) para garantizar Producción y Consumo, que apunta a la gestión racional de los desechos, reducción sustancial de químicos y, lo que es más importante, prevención de residuos a través de la reutilización y reciclaje con un enfoque de los RAEE (Parajuly et al., n.d.,p.35), se desarrollaron las siguientes estrategias que mejoren la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos por medio de la siguiente ruta que pueden aplicar los productores y gestores para el cumplimiento de la normativa en la correcta disposición de estos residuos.

- **Paso 1 Registro y control de los AEE**

Es importante especificar la información de los AEE , donde a partir de un formato pueda establecerse el tipo de categoría a la que pertenece, la actividad generadora, su tiempo de vida promedio, el proveedor y las características que identifican al AEE (marca, modelo y referencia);ver formato en anexo 1, llevando a tener una base de datos para conocer puntualmente la cantidad de entrada y salida de estos residuos.

- **Paso 2 Almacenamiento temporal**

En las instalaciones de la entidad se dispondrá de un lugar de acopio , donde se pueda almacenar manera temporal los RAEE mientras estos son recolectados para su disposición final de acuerdo a la disponibilidad técnica y financiera del municipio. De igual forma, es importante que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos no sean desensamblados ni manipulados sin el debido personal capacitado(CasaFranca Loayza, 2018,p.33).

Es de importancia en este paso tener en cuenta lo estipulado en el Decreto 4741 de 2005 y 1140 de 2003 donde se deben tener en cuenta lo siguiente requisitos en el lugar de acopio de estos residuos:

- Buena ventilación
- El lugar del almacenamiento debe estar en un sitio techado para evitar la luz directa del sol sobre los residuos, puesto que provoca deterioro en algunos de sus componentes.
- Se debe mantener una buena iluminación.

Los RAEE se deben almacenar sobre estibas, o en cajas de rejas o de madera. (No almacenar RAEE de tamaños muy diferentes en la misma caja, como en el caso de monitores con celulares, ya que pueden producirse daños en los componentes de los equipos pequeños)(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,2020,p.12).

Para el almacenamiento de estos residuos es importante tener un rótulo para identificar las características de éstos, se sugiere el siguiente formato para el rótulo mostrado en la Figura 11:

Figura 11

Rótulo para la identificación de RAEE almacenados.

<p>COLOMBIA</p> <p>IDENTIFICACIÓN DE RAEE</p> <p>EMPRESA _____</p> <p>NOMBRE DE RAEE _____</p> <p>REFERENCIA: _____</p> <p>CATEGORÍA _____</p> <p>FECHA DE GENERACIÓN _____</p> <p>CANTIDAD _____</p> <p>PESO _____</p> <p>GENERADO EN _____</p> <p>RESPONSABLE _____</p>
--

Nota. En la figura se presenta una idea de identificación para la organización de los RAEE dentro de los lugares determinados para el adecuado almacenamiento de estos residuos.

- **Paso 3 Tiempo de almacenamiento**

De acuerdo con el Decreto 4741 de 2005 en su artículo 10 parágrafo 1, es importante que la entidad no almacene los RAEE un lapsus de tiempo mayor a 12 meses, es por esto que según el tipo de AEE que se vaya a almacenar es importante tener en cuenta la tabla 10, donde se estipula el tiempo máximo de almacenamiento.

Tabla 10.

Tiempo de almacenamiento RAEE, dentro de la entidad.

TIPO DE RESIDUO	NATURALEZA	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
RAEE	Equipos de cómputo	12 meses
	Componentes Eléctricos y Electrónicos	6 meses
	Electrodomésticos	12 meses
	Pilas y Baterías	6 meses
	Tóner y cartuchos	3 meses
	Tubos Fluorescentes	6 meses

Nota. En la tala se muestran el tiempo máximo que pueden durar diferentes AEE de acuerdo a su origen. Tomado de: Ministerio de Vivienda. (2021). Manual: Buenas prácticas para el manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. <https://n9.cl/i5m73>

- **Paso 4. Mantenimiento y reparación**

Es necesario plantear un plan de mantenimiento, que incluya un inventario de AEE, donde no solo se definan los métodos de mantenimiento correctivo, sino también las tareas de mantenimiento preventivo, de verificación y de calibración que sean llevadas a cabo (Rodríguez Fernández, 2014,p.47).

Una vez realizado el proceso de revisión, se identifican los equipos que necesitan algún tipo de reparación, para que puedan seguir funcionando dentro de la entidad. De igual forma, es necesario establecer los equipos que realmente bajo todas las circunstancias posibles, no pueden ser reparados y necesitan un cambio (CasaFranca Loayza, 2018,p.38).

- **Paso 5. Transporte**

El transporte de los RAEEES generados, deberá efectuarse conforme con lo señalado en los artículos 2.2.7A.4.1 – del Decreto 1076 de 2015 (Decreto 284 de 2018). En el cual se contempla que se podrá realizar el transporte de estos residuos si se garantiza la integridad de los mismos para garantizar su reutilización y reciclado, evitando su rotura, exceso de apilamiento, emisión de sustancias y pérdida de materiales.

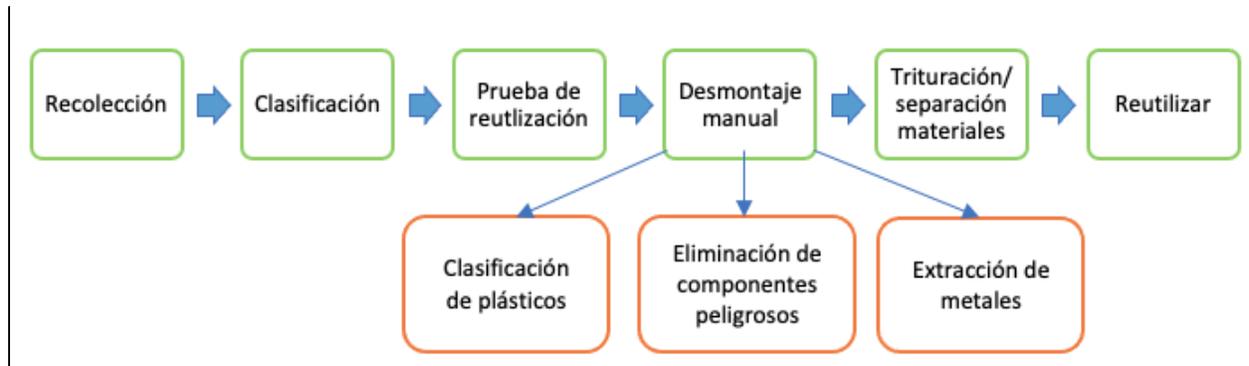
De igual manera, los lineamientos técnicos para el manejo de RAEE del 2015, contempla las siguientes condiciones para el transporte de RAEE:

- Garantizar la protección contra la intemperie.
- Evitar en el recorrido que personas no autorizadas tengan acceso a la carga.
- La carga en el vehículo debe estar debidamente empacada, acomodada, estibada, apilada, sujeta y cubierta de tal forma que no presente peligro para la vida de las personas y el medio ambiente
- Para el transporte de los RAEE se recomienda que estén empacados en cajas de madera, de cartón grueso o de rejas metálicas.
- Evitar poner tres capas de RAEE en las estibas y asegurar que la carga no sobresalga de las cajas.
- Portar como mínimo dos (2) extintores tipo multipropósito, uno en la cabina y los demás cerca de la carga.
- Contar con personal preparado y capacitado para su transporte.

- **Paso 6. Reciclaje**

Figura 12

Proceso de reciclaje en computadoras y celulares.



Nota. En la ilustración se muestra una idea del proceso que se puede llevar a cabo para el reciclaje de los RAEE.

De acuerdo con la Figura 12 el proceso de reciclaje de los RAEE, tiene como finalidad aprovechar al 100% la reutilización de los materiales que lo componen, este flujo es la cadena que se está apuntando para mejorar la gestión de los RAEE a nivel mundial puesto que los celulares están compuestos por materiales valiosos que sirven para usarse en un 80% como materias primas en otras industrias (ONU,2019), el otro porcentaje se puede transformar por medio de la función para rescatar estos materiales, siendo algunos de estos: el cobre, utilizado para la construcción y electrónicos; el estaño otro componente que está en mayor proporción en los celulares es usado para la realización de latas de comida y bebida; por último, el níquel que sirve para hacer acero inoxidable y aluminio. De la misma manera, dentro de estos componentes, se encuentran materiales no reciclables que pueden ser utilizados para generar energía, como por ejemplo las baterías las cuales se pueden procesar para recuperar materiales y ser utilizados para la obtención de materia prima (Garcidueñas, 2017,p.19).

De igual manera Carlos Quinteros (2015), “ingeniero ambiental, indica que el 95% de componentes de un computador es reciclable (disco duro, memoria, tarjeta madre y su alambreado de oro y plata). El mismo porcentaje puede ser reutilizado para la fabricación de nuevos aparatos” de acuerdo a esto y a verificación de expertos en los componentes de estos equipos, se pueden escoger 3 elementos de los computadores para ser reutilizados, como la placa del sistema, CPU y memoria RAM. (Oblitas Cruz et al., 2019,p.33), para que estos puedan ser incluidos en la etapa de reutilización al final de su vida útil, este debe cumplir con ciertos parámetros, como: Las placas del

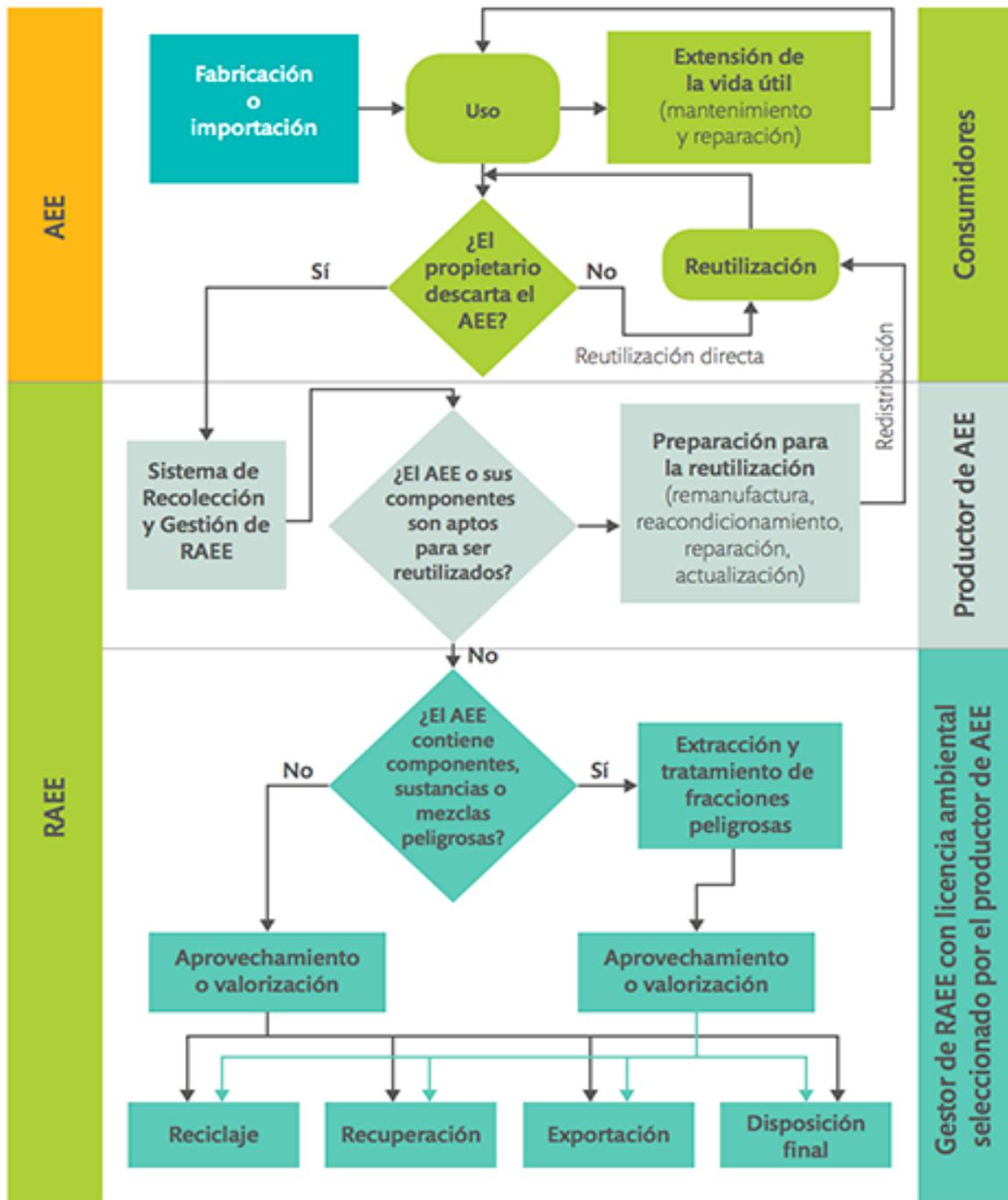
sistema, los procesadores y la memoria, deben estar en perfecto estado de funcionamiento; la arquitectura y el diseño de la placa del sistema, deben ser adecuados para su reutilización en una nueva carcasa; y el proceso de desmontaje, debe realizarse con cuidado para evitar que la placa del sistema, la CPU y la memoria RAM incurran en cualquier daño que afecte su funcionalidad (Coughlan, Fitzpatrick y McMahon, 2018,p.22).

- **Paso 7. Gestión de los RAEE**

Para dar inicio a la adecuada gestión de los RAEE es importante que las entidades conozcan el proceso para la correcta gestión la cual se presenta en la Figura 13.

Figura 13

Diagrama de gestión para las entidades.



Nota. En la figura se presenta un diagrama que permite a los gestores y productores decidir sobre el adecuado proceso de reciclaje de los RAEE y definir la importancia de cada uno de los actores durante el mismo. Tomado de: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2017). Política nacional para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. <https://n9.cl/by2wl>

La debida aplicación del flujograma presentado en la Figura 13 es importante para la aplicación de la economía circular en los productos AEE permitiendo tener una estrategia posconsumo de los productos que han retornado, haciendo que los fabricantes, importadores, generadores y gestores estén de la mano para lograr un adecuado manejo de estos residuos.

Es importante tener en cuenta que en el manejo adecuado de los RAEE se debe tener como premisa dos aspectos importantes: el primero evitar los peligros para la salud y ambiente, puesto que estos elementos al tener sustancias tóxicas y altamente contaminantes pueden causar un riesgo alto al no tener su debido proceso en el entorno, y el segundo recuperar la mayor cantidad de materiales de los RAEE que puedan contribuir en la disminución de uso de materias primas, disminución de energías y de materiales en el proceso de producción.

Para la adecuada gestión de los RAEE se presentan 2 fases que permiten tener un adecuado proceso de reciclado, estas son:

-Recolección y clasificación: de acuerdo a los tipos de RAEE se realiza un proceso diferente de recuperación de materiales, puesto que según sus características y las sustancias que los componentes producen diferentes niveles y tipos de emisiones y contaminación, Cada tipo de RAEE produce diferentes niveles y tipos de emisiones y contaminación(Pellegrino et al., 2021,p.55).

-Tratamiento físico-químico: Esta fase se realiza en una planta de tratamiento donde se tiene como objetivo separar elementos y eliminar las propiedades nocivas, con el fin de obtener un residuo menos peligroso, modificando de esta manera las características físicas o la composición química de los RAEE.

- **Paso 8. Disposición Final**

Los residuos irreductibles se disponen en rellenos de seguridad o son inmovilizados mediante procedimientos de cementación. Durante el proceso de reciclado pueden recuperarse, en promedio,

entre el 60% y el 80% de los materiales contenidos en cada tipo de equipo(Pellegrino et al., 2021,p.56).

De la misma manera, es importante reconocer y comprender las etapas que se tienen en cuenta para la adecuada gestión de los RAEE, los cuales son:

El primer paso en la gestión de los RAEE es llevar estos residuos que han sido recepcionados por medio de los puntos de venta de los distribuidores, redes de recogida de RAEE establecida por los productores, a las plantas especializadas de gestores autorizados. Una vez que los residuos llegan a las plantas especializadas se extraen todos los elementos contaminantes y los aprovechables (plástico, aluminio, cobre, vidrio, otros metales, etc.) estos elementos se procesan en materias primas para fabricar nuevos productos, la mayor parte de los componentes de los RAEE se puede separar por medios mecánicos y se puede recuperar hasta un 70% de ellos llegando en algunos casos, como el de los teléfonos móviles, a más del 90% (Pellegrino et al., 2021,p.56).

Las etapas para separar los elementos son los siguientes:

1. Desmontaje y la descontaminación de los RAEE, este es uno de los primeros pasos que lleva a cabo en las plantas especializadas puesto que es necesario eliminar los compuestos peligrosos que están dentro de los productos como aceites, mercurio o amianto y otros (Gutiérrez Castillo, 2021,p.31).
2. Después del desmontaje y descontaminación, se lleva a cabo la trituración y la división de los restos en cuatro categorías: metales de hierro, otros metales no féreos, vidrios y plásticos (Clerc et al., 2021,p.23).
3. Los materiales que son recuperados después de este proceso, se ponen nuevamente en el mercado como base para la producción de nuevos aparatos eléctricos o electrónicos, teniendo un impacto positivo en el primer ciclo de etapa de vida que es la extracción de materias primas provenientes de la naturaleza (DNP, 2017,p.17).

4. Realizadas estas etapas se puede tener listos los materiales para el reciclaje y para ser utilizados en nuevos productos, llegando a tener un doble ahorro: energético y de materias primas. La cantidad de cada una de ellos dependerá del tipo de aparato de que se trate. Un aparato de línea blanca está constituido principalmente por metales, mientras que en un equipo electrónico de consumo es el plástico su principal componente, así que la proporción de materiales que obtengamos dependerá del tipo de residuo que tratemos (Junta de Andalucía, 2021,p.16).

- **Gestores autorizados**

Existen diferentes gestores de RAEE autorizados. Dos son los tipos más frecuentes. De un lado, los dedicados al almacenaje de residuos, que almacenan los RAEE sin llevar a cabo su posterior reciclaje; y, de otro, lo que asumen el tratamiento de residuos, incluyendo la operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el rechazo para su posterior tratamiento finalista (Junta de Andalucía, 2021,p.16).

En Colombia se encuentran los siguientes gestores autorizados para realizar el debido proceso en los RAEE, los cuales cumplen con la respectiva licencia ambiental para la gestión de RAEE, el manejo de residuos peligrosos de acuerdo con la normativa para ello; la expedición de certificados de gestión, recolección y transporte de RAEE (Decreto 284 de 2013), estos son:

Figura 14

Gestores autorizados para proceso de RAEE.

DAR-CVC ENCARGADA DEL SEGUIMIENTO Y CONTROL	EMPRESA	INFORMACIÓN DE CONTACTO	ACTIVIDAD AUTORIZADA
SUROCCIDENTE	Centro de Diseño Tecnológico Industrial Regional	Calle 16 No 2N - 20 , municipio de Yumbo ,	Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o disposición final de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Figura 14. (Continuación)

DAR-CVC ENCARGADA DEL SEGUIMIENTO Y CONTROL	EMPRESA	INFORMACIÓN DE CONTACTO	ACTIVIDAD AUTORIZADA
	Valle , del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA	Departamento del Valle del Cauca	(RAEE), mediante la instalación y operación de un Centro de Regeneración de Refrigerantes
SURORIENTE	DH ECOAMBIENTAL S.A. E.S.P	Kilómetro 6 vía Candelaria , a margen izquierda sobre la vía. El: 3087315 / 16 e-mail: e-mail: dhcoambiental@gmail.com	Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación de residuos o desechos peligrosos y el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y de residuos de pilas y/o acumuladores.
SURORIENTE	ECO ACCION S.A.S	Representante Legal: Oscar Quiroz, Ubicación: Calle 2, transversal 4 - 245 Parcelación Industrial La Dolores, Municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca. Teléfono:3734209, Celular 3137504951.Planta y oficinas.	Almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de Residuos o desechos peligrosos, así como el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o disposición final de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y de residuos de pilas o acumuladores
SURORIENTE	GAIA VITARE S.A.S	Km 1.5 Vía Juanchito – Candelaria – Condominio bodegas súper Bodega No 5, jurisdicción del municipio de candelaria , Departamento del Valle del Cauca. E-mail: dirsuroidente@gaiavitar.com . Teléfono: 313-2361727 , 4359095	Almacenamiento , tratamiento , despiece o destrucción de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE , bombillas y luminarias , recolección y almacenamiento de gases refrigerantes , pilas acumuladoras , baterías de plomo ácido y cartuchos de tonner y de tintas
SURORIENTE	HOMETAL RECYCLING S.A.S	Trasversal 4 No 1 - 42 Parcelación Industrial La Dolores municipio de	Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento de residuos peligrosos y el almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento (recuperación /

Figura 14. (Continuación)

DAR-CVC ENCARGADA DEL SEGUIMIENTO Y CONTROL	EMPRESA	INFORMACIÓN DE CONTACTO	ACTIVIDAD AUTORIZADA
		Palmira, Valle del Cauca Teléfono: 6669269	reciclado) de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)
SUROCCIDENTE	LITO S.A.S	Representante Legal: Carlos Mario Bonilla. Carrera 32 No 10-127, Arroyohondo, Yumbo, Teléfono : 6644791, c.e: servicioambiental@litolt a.co m	Almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento de excedentes / materiales contaminados con PCB por medio de lavado Almacenamiento y tratamiento de residuos de bombillería, mediante trituración en un sistema cerrado a través de una máquina con sistema de vacío para trituración Almacenamiento, despiece manual, separación preparación, acopio y aprovechamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)
SUROCCIDENTE	MAC JOHNSON CONTROLS COLOMBIA DE COLOMBIA S.A.S	Carrera 35 N° 10-35 Acopi de la ciudad de Yumbo, Valle del Cauca. Teléfono: (2) 6911800. Correo electrónico: PS.protecciondatospers onal es@jci.com	Reciclaje de baterías usadas generadas en el territorio nacional de Colombia, las cuales se reincorporan al ciclo económico productivo mediante mecanismos de aprovechamiento y valorización, constituyéndose en materias prima secundaria mediante el proceso de reciclaje
SUROCCIDENTE	MACROMETALES S.A.S	Calle 15 B No 26 -101, Complejo Industrial y Comercial, municipio de Yumbo departamento del Valle del Cauca. Teléfono: (2) 6954573. www.macrometales.com. E	Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o disposición final de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y de residuos de pilas y/o acumuladores.
SURORIENTE	Sociedad Comercializadora Plastimetales SAS	Camino del Guanabanal No. T1 - 134, corregimiento de La Dolores; jurisdicción del Municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca	Almacenamiento, tratamiento (desmantelamiento, recuperación de componentes) de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Figura 14. (Continuación)

DAR-CVC ENCARGADA DEL SEGUIMIENTO Y CONTROL	EMPRESA	INFORMACIÓN DE CONTACTO	ACTIVIDAD AUTORIZADA
SUROCCIDENTE	RAOC SAS	Representante Legal Carlos Alexander Aldana Sabogal , en la Cra 38 No8- 106 Arrohondo Yumbo Valle del Cauca. Teléfono: 300 3552353. www.raoc.com.co	Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o disposición final de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y de residuos de pilas y/o acumuladores
NORTE	REGEN.CO S.A.S	Carrera 18 No 1-29, municipio de Cartago. Teléfono: 312 8823075 e-mail: regen.co@gamil.com	Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación de residuos o desechos peligrosos y no peligrosos y el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación/reciclado) y/o de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y de residuos de pilas y/o acumuladores
SUROCCIDENTE	TECNOLOGIAS ECOLOGICAS SAS ECOTEC	Carrera 38 No. 14 – 32, sector Acopi, municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca e-mail: gerenciaecotec2016@gmail. com Teléfono: 3147871739	Almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento (recuperación/reciclado) de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y de residuos de pila y/o acumuladores”,
SURORIENTE	Sociedad Procesos Ambientales de Colombia S.A.S. - PROAMBIENCO S.A.S	Calle 2 No. T3-45, Zona Industrial La Dolores, corregimiento de Caucaseco, municipio de Palmira	Desarrollo del proyecto “Almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento de residuos peligrosos y no peligrosos y almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (recuperación / reciclado) y/o disposición final de residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y de residuos de pilas y/o acumuladores, fundición y comercialización de aleaciones de metales ferrosos y no ferrosos y la actividad de desintegración vehicular

Nota. Gestores a nivel nacional autorizados para realizar el proceso de almacenamiento, aprovechamiento y tratamiento de RAEE. Tomado de: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM-. Autoridades Ambientales en Colombia. <http://www.ideam.gov.co/web/ocga/autoridades>

De este modo, como lo muestra la Figura 14 existen diferentes empresas con programas posconsumo en el país, no obstante, éstas solo tienen cobertura en algunas ciudades del país, dejando a los medianos y pequeños municipios sin este elemento fundamental en el incentivo del cambio en el proceso de gestión en los AEE. De esta forma, la falta de estrategias de algunos de los productores que involucren a las autoridades ambientales y las administraciones municipales y que faciliten la recolección, dificulta aumentar la población atendida e incrementar la tasa de recolección de los RAEE producidos (Piñeros & Serrano, 2017,p.34).

Los programas posconsumo para los generadores de consumo masivo es de gran importancia, ya que estos programas soportan la responsabilidad extendida del productor brindando a los usuarios domésticos el canal de retorno de estos elementos para su correcta disposición.

- **Paso 9. Alternativas de mejoramiento**

Por último las alternativas de reusó que puedan tener los RAEE es de vital importancia dentro de la cadena productiva y el ciclo de vida del producto, donde a partir de este se disminuya la generación de RAEE ya sea por su aprovechamiento o valorización de los componentes que estos traen, a partir de la transformación y recuperación de sus componentes. En la Figura 15 se muestran las actividades de los procesos de aprovechamiento y valorización de los RAEE.

Figura 15

Actividades de reciclaje y recuperación RAEE.

	ACTIVIDADES	EFFECTOS	POSIBILIDADES OFERTADAS
REPARACIÓN	1. Prueba de funcionamiento.	1. Disminuir costos por adquisición de equipos. 2. Recuperación de componentes funcionales 3. Protección del patrimonio institucional.	1. Estructuración de cadenas de conocimiento y valor agregado 2. Optimización de procesos de la Gestión Integral de RAEE
	2. Reconfiguración		
	3. Desmontaje - desarmado		
	4. Definición componentes remanufacturados		
	5. Definición de adquisición de componentes nuevos		

Figura 15. (Continuación)

Reúso	1. Inspección visual	<p>1. Prolonga la vida útil de los AEE usados, integrándolos de nuevo en líneas de uso.</p> <p>2. Aumento de la disponibilidad de AEE para la formación.</p> <p>3. Se obtienen mayores valores, con menos recursos e inversión.</p>	<p>1. Inclusión digital.</p> <p>2. Oferta de empleo, formación para mano de obra no calificada.</p> <p>3. Reventa de productos a precios inferiores.</p> <p>4. definición de nuevos sectores económicos a explotar.</p>
	2. Prueba de funcionamiento		
	3. Reconfiguración		
	4. Reemplazo de componentes		
Remanufactura	1. Inspección visual	<p>1. Generación de empleo para mano de obra no calificada y media.</p> <p>2. Definición de encadenamiento productivo.</p> <p>3. Oferta de AEE a nivel de nuevo a precios asequibles.</p> <p>4. Oferta de nuevas oportunidades para vincular a otros sectores productivos.</p>	<p>1. Oferta de productos a bajos precios y de bajos costos de producción. 2. Beneficios sociales, como la inclusión digital. 3. Aportes al desarrollo económico de la región, por la generación de nuevos esquemas de comercialización. 4. Generación de cadenas de conocimiento y valor agregado a los RAEE.</p>
	2. Prueba de funcionamiento		
	3. Reconfiguración		
	4. Desmontaje - desarmado		
	5. Definición nuevos o remanufacturados.		
	6. Reemplazo de componentes		
	7. Reparación /prueba		
Reciclaje	1. Desensamble natural	<p>1. Obtención de materiales plásticos, metales ferrosos, vidrio, metales no ferrosos y componentes peligrosos de alto valor como el Hg y el Pb.</p> <p>2. Separación de componentes peligrosos, presentes en algunos RAEEs como vidrio con plomo y bario, cañón de electrones con bario, películas fosforescentes con bario y tarjetas de circuitos con soldadura de plomo; permitiendo procesos futuros de manejo y aprovechamiento.</p> <p>3. Oferta alternativa de creación de empleo, para mano de obra no calificada o con discapacidad.</p> <p>4. El desensamble manual permite recuperar componentes para reparación, reusó y remanufactura.</p>	<p>1. Generación de empleo o población vulnerable. 2. Liderar procesos de investigación y formación de gestión integral de RAEE. 3. Definición de métodos, técnicas y tecnologías para el aprovechamiento de los RAEE. 4. Definición de cadenas de producción y conocimiento. 5. Disminución de residuos peligrosos producidos.</p>
	2. Extracción de contaminantes /Descontaminación		
	3. Desensamble manual de componentes		
	4. Extracción de recursos		

		5. Minimización de producción de RAEE	
--	--	---------------------------------------	--

Nota. Representa las diferentes actividad y acciones de reciclaje y recuperación de materiales: Tomado de: Marín Cano y Henao Franco. (2013). Elaboración de un manual para el manejo de residuos electrónicos y eléctricos generados en espacios académicos. <https://n9.cl/tjukw>

- **Paso 10. Sensibilización y educación ambiental**

Los usuarios o consumidores juegan un papel importante en los patrones de consumo de productos electrónicos y la gestión de los desechos electrónicos, es por esto, que es importante que los productores y gestores brinden y publiquen información necesaria a los usuarios para el correcto manejo de los RAEE; el comercializador, deberá ubicar en lugares visibles de sus locales y usar otros medios de difusión para informar a los usuarios acerca de los procesos de devolución y gestión adecuada de RAEE sin costo alguno y entregar los RAEE recolectados a los respectivos sistemas de recolección y gestión de estos residuos (Gallego Hernández, 2021,p.19).

- **Paso 11. Los usuarios**

De acuerdo a la Ley 1672 se aplica a toda persona natural o jurídica que importe, produzca, comercialice, consuma aparatos eléctricos y electrónicos, y gestione los residuos. Además, establece ciertos principios como la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), el de Participación por parte de los productores, comercializadores y usuarios, así como también el de Producción y Consumo Sostenible, entre otros detallados en la norma (MAVDT, 2013,p.24). Por tal razón, todos los usuarios que adquieran AEE tienen la responsabilidad de tener un manejo adecuado de estos residuos al finalizar su ciclo de vida útil, algunos de los pasos a tener en cuenta son (Oblitas Cruz et al., 2019,p.32):

- Separar los RAEE de los demás residuos.
- Entregarlos en los puntos de recolección dispuestos para esto sin desensamblarlos

En Bogotá se cuentan con 59 puntos fijos de Ecolecta instalados en las diferentes localidades de Bogotá, en estos puntos se puede disponer de los RAEE, sin ningún costo. Algunos de sus puntos de recolección se pueden visualizar en la Figura 10, de igual manera, la fundación puntos verdes, cuenta con contenedores de eco cómputo en las ciudades de Barranquilla, Cali, Bucaramanga, Manizales, Medellín y Popayán (Secretaría de Ambiente Bogotá. <https://www.ambientebogota.gov.co/ecolecta1>).

Figura 16

Puntos de Recolección Bogotá.

PUNTOS DE RECOLECCIÓN ECOLECTA:		
Punto Fijo	Dirección	Localidad
Centro Comercial 93	Carrera 15 # 93 - 60	Chapinero
Centro Comercial Centro Mayor	AV. NQS con 38A Sur	Antonio Nariño
Centro Comercial Hayuelos	Avenida Ciudad de Cali con Avenida Ferrocarril - Calle 20 No 82 - 52	Fontibón
Centro Comercial Plaza de las Américas	Transversal 71 d No 6-94 Sur	Kennedy
Centro Comercial Titán Plaza	Carrera 72 N° 80-94, Av Calle 80 # 80-94 - Piso L Titán Drive	Engativá
Centro Comercial Unicentro de Occidente	Carrera 111A No. 86 - 74	Engativá
Centro Comercial UNILAGO	Carrera 15 No. 78-33	Chapinero
Dile Tunjuelito	CL 48B Sur No. 27-80	Tunjuelito
GASEOSA LUX	Calle 5C # 53D-12	Puente Aranda
General Motors Colmotores	Av. Boyacá Calle 56a No. 33-53. Sur	Tunjuelito
INDUSEL	Autopista (AC 57R) Sur No. 67-59	Ciudad Bolívar
MEXICHEM – PAVCO	Autopista Sur No. 71 - 75	Ciudad Bolívar
RCN	Calle 9ª No. 65 - 92	Puente Aranda
Secretaría de Educación	Avenida ClI 26 No. 66 -63 Bloque B Oficina de Planeación	Teusaquillo
Secretaría de Gobierno	Calle 11 No. 8-17	Candelaria
Secretaría Distrital de Ambiente	Avenida Caracas No. 54 - 38	Chapinero
SENA (PALOQUEMAO)	Calle 15 No 31 - 42	Puente Aranda
SUPERCARDE 20 de Julio	Carrera 5A # 30D - 20 SUR	San Cristóbal
SUPERCARDE Américas	Avenida Carrera 86 No. 43-55. sur	Kennedy
SUPERCARDE Bosa	Av. Calle 57 R Sur # 72 D - 12	Bosa
SUPERCARDE CAD	Av. Carrera 30 No. 25-90	Teusaquillo
SUPERCARDE Calle 13	Calle 13 # 37-35	Puente Aranda
SUPERCARDE Movilidad	Calle 13 # 37-35	Puente Aranda
SUPERCARDE Suba	Avenida Calle 145 # 103B - 90	Suba
UAESP	Calle 52 No. 15-64, piso 3	Chapinero
Colegio Ciudadela El Porvenir	Calle 52 Sur No. 97C - 35	Bosa
Casa de la Participación de Bosa (ALCALDÍA LOCAL)	Carrera 80 K No. 61 - 28	Bosa
Colegio Atanasio Girardot (IED)	Calle 14 Sur No. 28 - 16	Antonio Nariño

Nota. La figura muestra los puntos autorizados para la recolección de RAEE. Tomado de: Secretaria de Ambiente. (2020). <https://n9.cl/12307>

- Realizar una adecuada devolución siguiendo las sugerencias dadas por los productores o comercializadoras.
- Difundir su conocimiento acerca de la adecuada disposición de RAEE.

5.CONCLUSIONES

Este estudio se basó en la implementación de la economía circular en la gestión de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos de las zonas industriales, donde se pudo evidenciar que la gran problemática que puede generarse es en el proceso de gestión de estos residuos, debido a la falta de conocimiento por parte de productores y compradores para su adecuada recolección.

Debido a la obsolescencia programada que presentan los residuos eléctricos y electrónicos en la última década se ha presentado un crecimiento en la producción y consumo de estos productos, generando de la misma manera un aumento en la generación de los residuos AEE al medio, sin hacer un debido proceso de reciclaje y gestión.

La implementación de la economía circular dentro de este proceso de reutilización de los componentes de los AEE puede inferir en un punto positivo para productores y compradores, para los primeros para el ahorro de los elementos utilizados como materia prima, disminución de energía para su producción y costos, de igual manera una idea de negocio basado en un uso integral del producto, que comienza en la producción, uso y remanufactura, todo esto con el fin de satisfacer a un negocio específico.

La creación de planes ambientales que permitan educar y concientizar tanto al productor, comercializador y comprador sobre la importancia de la recuperación de los componentes de los RAEE que puedan volver a utilizarse en nuevos procesos industriales son de vital importancia para que el sistema de economía circular funcione dentro de la industria, de igual manera les permita conocer las sustancias peligrosas que contienen y los riesgos ambientales en el manejo inadecuado de los RAEE.

La importancia de las empresas productoras en divulgar a la comunidad los diferentes canales y puntos de recolección de estos residuos, con el fin de que el consumidor este informado y se pueda generar un gran impacto en la gestión adecuada de los RAEE.

Es importante que por parte del gobierno se creen guías prácticas de gestión de los actores de la cadena, enfocados en la gestión y disposición final de los RAEE, enfocándose en incentivar diseños amigables con el medio ambiente, como programas de posconsumo los cuales permitan la recolección y gestión sostenibles de estos residuos en cada una de las regiones del país.

De igual manera, es importante tener un control de los productores y comercializadores de los RAEE, así como también de los recicladores formales e informales para verificar la gestión adecuada de estos residuos.

BIBLIOGRAFÍA

- Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor 2017. In *United Nations University*. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.05.148>
- Clerc, J., Pereira, A. M., Alfaro, C., & Yunis, C. (2021). *Economía circular y valorización de metales Residuos de aparatos*. 1–54.
- Colombia Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. (2017). *Política Nacional: Gestión Integral De Residuos De Aparatos Electricos Y Electronicos*. https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/assets/RAEE_baja.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2022). *Boletín Técnico Boletín Técnico. Encuesta Nacional de la Calidad de Vida*. 1–21.
- Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2017). Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde. *Misión de Crecimiento Verde*, 81. https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Circular/MATEC Producto 2_v5.pdf
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020* (Issue July). <http://ewastemonitor.info/>
- Gallego Hernández, G. A. (2021). *Diseño de una propuesta de política de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) de Emvarias E.S.P. Medellín, en el marco de la denominada economía circular*.
- Gutiérrez Castillo, T. (2021). *Reciclado de aparatos eléctricos y electrónicos*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/47252%0Ahttps://www.ecoagricultor.com/reciclado-de-aparatos-electricos-y-electronicos/>
- Heyes, G., Sharmina, M., Mendoza, J. M. F., Gallego-Schmid, A., & Azapagic, A. (2018). Developing and implementing circular economy business models in service-oriented technology companies. *Journal of Cleaner Production*, 177, 621–632. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.168>
- Kuehr, R., uediger, Bel, G., Drisse, M. B., Cheng, Y., Devia, L., Deubzer, O., Goldizen, F., Gorman, J., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., Jingwei, W., Jinhui, L., Khetriwal, D. S., Linnell, J., Magalini, F., Nnororm, I. C., Onianwa, P., ... Zeng, X. (2020). *Residuos*

- Electrónicos 2020*. <https://www.scycle.info/global-e-waste-monitor-2020/>
- Lozano, J. (2019). *Manejo integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la Institución Educativa San Jorge del Municipio de Montelíbano*. 1–27.
- Magalini, F. U.-I., Kuehr, R. U.-I., & Baldé, C. P. U.-I. (2015). *eWaste in Latin America*. November, 37. <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>
- Marín Cano, F. A., & Henao Franco, V. A. (2013). *Elaboración de un Manual para el Manejo de Residuos Electrónicos y Eléctricos Generados en Espacios Académicos*. 16–31. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/a150d103-a5a7-46b4-ab0d-a0a9ad55e2b4/content>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2012). *Informe De Gestión Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible-2012*. https://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/Rendición_de_cuentas/informe_gestion_mads_2012.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS - Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana. (2017). Consejo Nacional Ambiental. *Presentación Política Nacional de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*, 4–32. http://www.acmineria.com.co/sites/default/files/regulations/presentacion_cna_marzo_.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular. In *Gobierno de Colombia*. http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia Nacional de Economía Circular-2019 Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Oblitas Cruz, J. F., Sangay Terrones, M. E., Rojas de la Puente, E. E., & Castro Silupu, W. M. (2019). Economía circular en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(4), 196–208. <https://doi.org/10.31876/rsc.v25i4.30527>
- Organización Internacional del Trabajo, OIT. (2007). *La fabricación de componentes electrónicos para las industrias de las tecnologías de la información : El cambio de las necesidades con respecto a la mano de obra en una economía mundializada*. www.ilo.org/publns.
- Parajuly, K., Kuehr, R., Awasthi, A. K., Fitzpatrick, C., Lepawsky, J., Smith, E., Widmer, R., & Zeng, X. (n.d.). *SCENARIOS*.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2002). Directiva 2002/95/CE del

- Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, L 37(27 de enero de 2003), 19–23. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0019:0023:EN:PDF>
- Pellegrino, L. A., Chiozzi, L. J., Pinatti, A. B., & Itatí Ramírez, V. (2021). Riesgos de la gestión ambientalmente inadecuada de RAEE. Definición y pasos para un tratamiento sustentable. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4783–4796. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-154>
- Perina, B., & Ratynski, M. (2019). From waste to jobs decent work challenges and opportunities in the management of e-waste in India. In *ILO Working Papers* (Issue 323). <https://ideas.repec.org/p/ilo/ilowps/995052492102676.html>
- Tabares Hoyos, R., & López Cardona, D. (2015). Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Manizales: obsolescencia programada y percibida. *Investigacion.Bogota.Unal.Edu.Co*. http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/documentos/enid/2015/memorias2015/ingenieria_tecnologias/residuos_de_aparatos_electricos_y_electronic.pdf
- The European Green Deal, EC. (2020). Circular Economy Action Plan. European Commission. https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf
- Uparela, K. M., & Quiroz Ruiz, A. I. (2015). El papel del consumidor frente a los RAEE y la obsolescencia programada. *Revista Vis Iuris* /, 2(4), 55–70.

ANEXOS

ANEXO 1

REGISTRO Y CONTROL DE LOS RAEE

FORMATO REGISTRO ENTRADA RESIDUOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

FECHA ENTREGA

NOMBRE DEL SERVIDOR

ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

NÚMERO DE UNIDADES DE INGRESO

APARATO	CATEGORIA	MARCA	REFERENCIA	MODELO	ESTADO ACTUAL	TIEMPO DE VIDA ÚTIL (HORAS)	TIEMPO DE USO (HORAS)