

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE  
APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN EL DEPARTAMENTO DEL  
QUINDÍO

DANIEL ANDRES SALAMANCA CUASTUMAL

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA COMPETITIVIDAD

DIRECTOR

HARVEY ANDRÉS MILQUEZ SANABRIA

INGENIERO QUÍMICO

MAGÍSTER EN INGENIERÍA QUÍMICA

DOCTOR EN CIENCIAS - ENERGÍAS RENOVABLES

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA COMPETITIVIDAD

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. septiembre de 2022

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

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 Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora programa

Dra. 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.

## **DEDICATORIA**

A mi familia por su apoyo incondicional, compañía y por ser mi soporte en cada una de las etapas de mi vida.

A mi hijo Samuel por ser mi inspiración y motivación más grande, a ellos mil gracias por su apoyo e incondicionalidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas las personas que me brindaron su apoyo y tiempo para el desarrollo de este trabajo de grado.

A mi director de proyecto por su acompañamiento y apoyo en el tema.

A todos los docentes de la Maestría en Gestión Ambiental para la competitividad de la Fundación Universidad de América.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	16
1.1. Objetivo general	16
1.2. Objetivos específicos	16
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3 METODOLOGIA	20
3.1 Enfoque de investigación.	20
3.1.1 Encuesta	20
3.1.2 Matriz documental	21
3.2 Población y muestra.	22
3.2.1 Población.	22
3.2.2 Muestra	22
4 MARCO REFERENCIAL	25
4.1 Marco conceptual	25
4.1.1 Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	25
4.1.2 Clasificación.	25
4.2 Marco legal.	28
4.2.1 Legislación relacionada con la disposición de RAEE.	28
4.2.2 Iniciativas internacionales para la gestión de RAEE.	34
4.3 Marco contextual.	37
4.3.1 Composición y peligrosidad de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).	41
4.3.2 Impacto ambiental.	43

4.3.3	<i>Impacto económico.</i>	44
4.3.4	<i>Métodos de adecuación. Tratamiento y Reciclaje de RAEE.</i>	46
4.3.5	<i>Sistemas de recolección y gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el mundo.</i>	53
4.3.6	<i>Sistema de recolección de RAEE en Colombia</i>	61
5	<b>DISCUSIÓN Y RESULTADOS</b>	64
5.1	<b>Resultados de la encuesta.</b>	64
5.1.1	<i>Genero de las personas encuestadas.</i>	64
5.1.2	<i>Rango de edad.</i>	65
5.1.3	<i>¿Reconoce los Residuos Sólidos Peligrosos RAEE (Residuos Aparato Eléctrico y Electrónico)?</i>	66
5.1.4	<i>¿Utiliza Usted Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Computador, Impresora, Celular)?</i>	67
5.1.5	<i>¿Conserva y/o Tiene Usted en su Hogar RAEE?</i>	68
5.1.6	<i>¿Deposita en sus Basuras Domésticas Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE?</i>	69
5.1.7	<i>¿En su Hogar y/o Empresa ha entregado su RAEE a Cualquiera (PC - Pilas - Lámparas)?</i>	70
5.1.8	<i>¿Quiere Vender usted los RAEE que tiene actualmente?</i>	72
5.1.9	<i>¿Buscaría un Punto de Entrega RAEE cerca a su Casa y/o Empresa?</i>	73
5.1.10	<i>¿Cree usted necesario hacer una jornada y/o campaña de recolección RAEE?</i>	74
5.1.11	<i>¿Llamaría a una línea Celular y/o Call Center para que le recojan su RAEE?</i>	75
5.1.12	<i>¿Recibiría y/o Esperaría usted un Bono o Beneficio por entregar su RAEE?</i>	76
5.1.13	<i>¿Solicitaría el Servicio a una Empresa Especializada de Recolección RAEE?</i>	77



5.1.14 ¿Necesita más Información y Educación sobre los RAEE?	78
5.2 Matriz documental	79
5.3 Estrategia para ampliar la cobertura de recolección de RAEE en el departamento del Quindío.	79
5.4 Plan de fortalecimiento de la gestión de los RAEE por parte de la Fundación Tesla.	80
6 CONCLUSIONES	86
8 RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	96

## LISTA DE FIGURAS

	pág
<b>Figura 1.</b> Generación mundial de residuos electrónicos.	17
<b>Figura 2.</b> Esquema de la matriz documental.	21
<b>Figura 3.</b> Clasificación por categoría de RAEE	25
<b>Figura 4.</b> Clasificación por colores RAEE	27
<b>Figura 5.</b> Clasificación de RAEE desde una perspectiva de su gestión y manejo	28
<b>Figura 6.</b> Países que cuenta con legislación en torno a los RAEE	34
<b>Figura 7.</b> <i>Ciclo de vida de los AEE</i>	39
<b>Figura 8.</b> Quema inadecuada de RAEE	40
<b>Figura 9.</b> Porcentaje en peso de los materiales contenidos	41
<b>Figura 10.</b> Sustancias peligrosas y su localización en los RAEE	42
<b>Figura 11.</b> Concentración de metales en RAEE y minas naturales	45
<b>Figura 12.</b> Separación manual de RAEE	47
<b>Figura 13.</b> Molino de martillo	48
<b>Figura 14.</b> Funcionamiento de una mesa vibratoria	50
<b>Figura 15.</b> Esquema de centrifugador	51
<b>Figura 16.</b> Esquema de centrifugador	52
<b>Figura 17.</b> Sistema de economía circular para los RAEE	53
<b>Figura 18.</b> Sistemas de gestión de RAEE en Europa	55
<b>Figura 19.</b> Porcentajes de RAEE reciclados en Japón	57
<b>Figura 20.</b> Modelo 4 en 1 implementado en Taiwán para la gestión de residuos	59
<b>Figura 21.</b> Relación entre los distintos actores del sistema de gestión en Taiwán	61
<b>Figura 22.</b> Genero de los encuestados en el departamento del Quindío	65
<b>Figura 23.</b> Rango de edad de los encuestados en el departamento del Quindío	66
<b>Figura 24.</b> ¿Reconoce los Residuos Sólidos Peligrosos RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos)?	67
<b>Figura 25.</b> ¿Utiliza Usted Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Computador, Impresora, Celular)?	68
<b>Figura 26.</b> ¿Conserva y/o Tiene Usted en su Hogar RAEE?	69

<b>Figura 27.</b> Deposita en sus Basuras Domésticas Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE	70
<b>Figura 28.</b> ¿En su Hogar y/o Empresa ha entregado su RAEE a cualquiera (PC - Pilas - Lámparas)?	71
<b>Figura 29.</b> Cantidad de ciudadanos que vendería sus RAEE	72
<b>Figura 30.</b> <i>Personas que entregaría sus RAEE en puntos cercanos a sus viviendas o a sus empresas</i>	73
<b>Figura 31.</b> Personas que ven necesario jornadas de recolección de RAEE	74
<b>Figura 32.</b> Disposición de las personas encuestadas a entregar sus RAEE	75
<b>Figura 33.</b> <i>Distribución de personas encuestadas que esperan o no un beneficio por la entrega de sus RAEE</i>	76
<b>Figura 34.</b> Solicitaría el Servicio a una Empresa Especializada de Recolección RAEE.	77
<b>Figura 35.</b> Necesita más Información y Educación sobre los RAEE	78
<b>Figura 36.</b> Plan de fortalecimiento desarrollado para la Fundación Tesla	84
<b>Figura 37.</b> Diagrama de flujo sobre propuesta de gestión de residuos	85

## LISTA DE ABREVIATURAS

AEE	Aparatos eléctricos y electrónicos
BFR	Brominated Flame Retardant
Bo2	Best of two worlds
CFC	Clorofluorocarbonos
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
EPAT	Environmental Protection Administration of Taiwan
GeSI	Global e-Sustainability Initiative
GIRESPPEL	Gestión Integral de Residuos Peligrosos.
HC	Hidrocarburos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
kg	Kilogramo
MPPI	Mobile Phone Partnership Initiative
Mt	Millones de toneladas
NH3	Amoniaco
ONG	Organización No Gubernamental.
PACE	Partnership for Action on Computing Equipment
PBB	Polibromobifenilos
PBDE	Éteres de difenilo polibromado
PCB	Bifenilos policlorados
PVC	Policloruro de vinilo
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
StEP	Solving the E-waste problem
TBBA	Tetrabromo bisfenol A
TRC	Tubos de rayos catódicos
WEEE	Waste of electric and electronic equipment.

## RESUMEN

En Colombia y alrededor del mundo existe una gran cantidad de generación de RAEE de acuerdo a lo señalado por Balde et al (Baldé , Wang , Kuehr , & Huisman , 2014) y el “Observatorio mundial de los residuos electrónicos, 2017” el cual establece que la producción mundial de RAEE fue cercana a las 40 MT para el año 2014.

Por una parte, se llevó a cabo la revisión de las estadísticas del DANE para el año 2018 en un estudio realizado en hogares colombianos con el fin de determinar la cantidad de televisores y computadores presentes en los mismos.

Adicionalmente, se tomaron en cuenta los reportes de la “Fundación Nacional Contaminación Tecnológica TESLA” en el departamento del Quindío para el periodo comprendido entre los años 2017 y 2019 y así evaluar la gestión de los RAEE lo cual representó tan solo una mínima cantidad de lo producido en Colombia únicamente en el año 2014.

Finalmente y, teniendo en cuenta el potencial de la generación de RAEE según las estadísticas del DANE (DANE., 2019), en Colombia es necesario identificar la concepción frente al tema de personas de diferentes sectores económicos de la región ubicadas en diferentes zonas, barrios (Estratos 1,2,3,4,5,6), según tipo residencial, industrial y empresarial. A partir de esto, se consideró importante evaluar dicha situación, mediante la realización de encuestas con tipo de respuesta binario (1: Afirmación y 0: Negación) que, valida un tipo de respuesta fija, con el fin de definir los métodos de recolección de los mismos en el Departamento del Quindío. De igual manera, con base tanto en los resultados como en las referencias bibliográficas consultadas, se estructuró un modelo para fortalecer la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados en el departamento del Quindío.

Habiendo abordado la encuesta y las referencias bibliográficas, se encontró que, en términos generales, las comunidades de los municipios identifican los RAEE y están

dispuestos a contribuir para dar una adecuada disposición a estos. Adicionalmente, se evidenció que a nivel gubernamental existe una legislación que tiene los mecanismos para crear estrategias colaborativas entre los actores de la cadena de producción de RAEE. Sin embargo, se observó también que las entidades del orden municipal no constituyen un factor clave en el desarrollo de dichos mecanismos, por lo que se considera capital establecer metodologías que permitan cerrar el ciclo de gestión y permitir la adecuada interacción entre productores de AEE, gestores de RAEE, recolectores y consumidores.

**Palabras claves:** Residuos electrónicos, gestión de residuos, disposición, aparatos electrónicos, obsolescencia, mitigación, recolección, aprovechamiento.

## INTRODUCCIÓN

Los aparatos electrónicos son una mezcla compleja de muchos materiales, algunos de los cuales son materias primas escasas y valiosas que ameritan ser recuperadas. Sin embargo, pueden contener elementos o compuestos peligrosos, que, si bien no generan problema durante su uso, se convierten en un peligro cuando se liberan al medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 3).

El siguiente trabajo se desarrolla en cuatro (4) capítulos con el fin de generar un modelo para el fortalecimiento de la gestión de los RAEE generados en el departamento del Quindío que contribuirá a reducir los RAEE destinados de manera inadecuada con base en las etapas de almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y disposición de los RAEE promoviendo el aumento de reciclaje de materiales, operaciones de valorización y previniendo la eliminación inadecuada de estos y sus derivados, creando de esta manera un entorno competente en la cadena de los RAEE.

Al término de la presente investigación se podrá reconocer las prácticas actuales en relación con el manejo de los RAEE, identificando los factores que influyen en su gestión basándose en referentes a nivel mundial y nacional, planteando una estrategia para ampliar la cobertura de la gestión de los RAEE en el departamento del Quindío y formulando un plan para el fortalecimiento de la gestión de los RAEE por parte de la empresa gestora.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

Estructurar un modelo para fortalecer la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados en el departamento del Quindío.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Reconocer las prácticas actuales en relación con el manejo de los RAEE en el departamento del Quindío.
- Identificar los factores que influyen en la gestión de los RAEE con base en referentes a nivel mundial y nacional.
- Plantear una estrategia para ampliar la cobertura de la gestión de los RAEE en el departamento del Quindío.
- Formular el plan para el fortalecimiento de la gestión de los RAEE por parte de la empresa gestora.

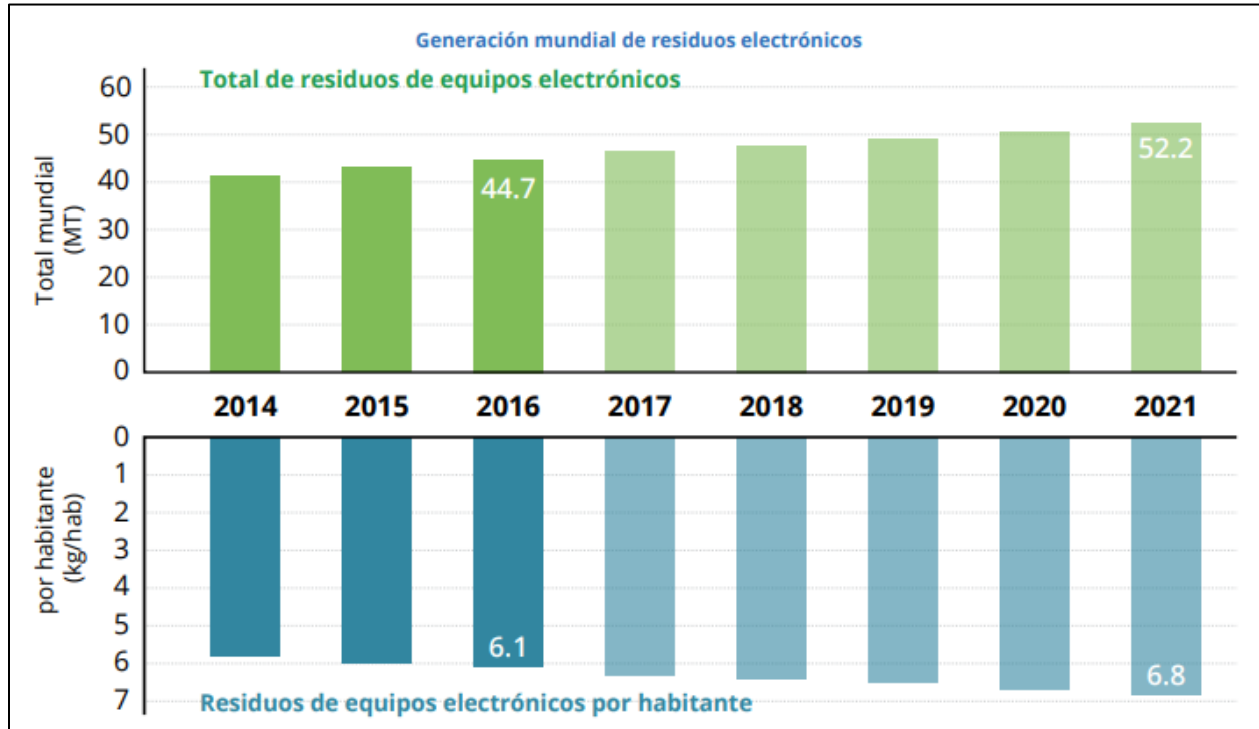


## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo en el año 2016 se generaron alrededor de 44.7 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos de los cuales 1.7 millones de toneladas fueron arrojados con los desechos ordinarios. Adicionalmente, es preocupante que no hay constancia del 80% de los RAEE los cuales corresponderían a 35.8 millones de toneladas métricas, ya que solo existe constancia de haberse recuperado y reciclado adecuadamente 8.9 millones de toneladas métricas, es decir, únicamente el 20% de los residuos generados. (Baldé C. P., 2017, págs. 10-12) Como se evidencia en la **Figura 1**, existe un crecimiento sostenido en la cantidad de RAEE generado per cápita, lo que hace pensar en la necesidad de generar estrategias de fortalecimiento de los sistemas de gestión de RAEE a nivel mundial.

**Figura 1.**

*Generación mundial de residuos electrónicos.*



**Nota.** Es evidente el crecimiento sostenido de la producción total y la producción per cápita de RAEE. Tomado de: The Global E-Waste Monitor. Baldé, C.P. et al. 2017.

En Colombia en el año 2014, cada persona arrojó aproximadamente 5,3 kg de basura electrónica por año y en promedio los colombianos botan 252000 toneladas anualmente. (Baldé , Wang , Kuehr , & Huisman , 2014). Al comparar con los datos registrados por el Observatorio mundial de los residuos electrónicos en ese mismo año y tomando en cuenta que la producción mundial de RAEE fue cercana a las 40 Mt, se encuentra que la producción de RAEE en Colombia represento menos del 1% de la producción total a nivel mundial (Baldé C. P., 2017).

Uno de los problemas ambientales más significativos actualmente es la generación de residuos sólidos, especialmente los RAEE y su mala gestión, aunado al hecho, los problemas derivados del final de la vida útil de productos como televisores y computadores. Según el DANE en un estudio realizado en el año 2018 con 89522 hogares, el 41.6% de estos poseían un computador -lo que equivaldría a 37241 computadores aproximadamente- y este número de equipos se eleva si hablamos de televisores ya que dentro del estudio se encontró que en ese mismo año el 90.7% (81196 televisores) poseía un televisor convencional a color. (DANE., 2019) Con lo anterior, se puede dimensionar la cantidad tan elevada de AEE presentes en el país, así como el crecimiento sostenido de la demanda, resultado de la “Obsolescencia programada” mediante la cual se reduce el tiempo de vida útil de diferentes AEE. (Pascuas Rengifo, Correa Cruz, & Marlés Betancourt, 2020, págs. 242-252).

Existe una gran variedad de materiales obtenidos de los RAEE dentro de los cuales se encuentran, entre otros, oro, aluminio, cobre, plata y termoplástico de baja densidad. (Fundación Nacional Contaminacion Tecnologica TESLA., 2019, págs. 1-18). Al identificar la gran cantidad de derivados producto de los RAEE se magnifica la necesidad de modelos para la gestión y el aprovechamiento de los residuos en Corporaciones y comunidades locales que desconocen el sistema y sus impactos económicos, sociales y ambientales.

Estos RAEE han venido ocasionando una serie de afectaciones al ambiente y a la salud humana como consecuencia de la presencia de metales pesados, contaminantes

orgánicos y algunas sustancias peligrosas. Por ejemplo, el plomo puede llegar a inhalarse mediante partículas derivadas de procesos como el reciclaje en condiciones no seguras y del cual se determinó que no existe un nivel de exposición en el que se pueda afirmar que no tendría efectos perjudiciales para la salud como posibles daños al sistema nervioso, endocrino y cardiovascular (Moraga & Durán, 2010. p. 6). Además, el modelo económico actual -basado en el consumismo excesivo- genera un aumento de explotación de materias primas, agotamiento de recursos naturales y, si se le añade finalmente la mala disposición final de los residuos, el impacto ambiental será más significativo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el tiempo de descomposición de los RAEE oscila entre uno y 4000 mil años según su línea de clasificación que se divide en tres y corresponde a línea blanca (por ejemplo, neveras, lavadoras, aspiradoras, entre otros), marrón (Televisor, equipos de sonido, grabadoras, radios, consolas de video juegos, otros) y finalmente línea gris (Celulares, computadores de escritorio, portátiles, tabletas, entre otros). (Fundación Nacional de Contaminación Tecnológica, Tesla., 2020, págs. 12-13)

Según reportes de la “Fundación Nacional Contaminación Tecnológica TESLA” en el departamento del Quindío desde el año 2017 al 2019 se generaron aproximadamente 75 toneladas de RAEE los cuales sin el adecuado manejo de residuos se perdería una gran cantidad de materiales reutilizables y que se convertirían en residuos en lugar de nuevas fuentes de materias primas. Además, esta cantidad de RAEE recolectados y gestionados por la Fundación TESLA durante esos 3 años representan únicamente el 0.0297% de lo producido en Colombia únicamente en el año 2014 (Fundación Nacional Contaminación Tecnológica TESLA., 2019, pág. 18).

Siendo esto, es esencial generar una estrategia que permita disminuir el volumen de RAEE que no se disponen adecuadamente. Para ello se propuso la metodología desarrollada en el capítulo siguiente.

### 3 METODOLOGIA

Para el desarrollo de este trabajo y el cumplimiento de sus objetivos se establecieron las siguientes fases metodológicas:

#### 3.1 Enfoque de investigación.

Para el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo una investigación a través de una modalidad multi-método siendo que se utilizaron dos herramientas para la recolección y clasificación de la información. Dichas herramientas fueron las siguientes:

1. Encuestas
2. Matriz documental

##### 3.1.1 Encuesta

Debido a la contingencia actual derivada de la emergencia sanitaria generada por el Covid-19 la encuesta se realizó a un número de encuestados determinado a partir del método estadístico desarrollado en el **Título 2.2.1** del presente documento, de manera virtual por medio de la herramienta digital Google Forms. La encuesta fue enviada a personas de los municipios de Armenia y sus alrededores (Calarcá, Circasia, Filandia, Tebaida, Montenegro y Quimbaya) y que se encontraban dentro de un rango de edad entre 18 y 80 años.

Es importante remarcar que la información se obtuvo a través de una evaluación de encuesta tipo respuesta binario (1: Afirmación y 0: Negación) que valida un tipo de respuesta fija. Esto se encausó de esta manera puesto que la población objetivo era global, en otras palabras, se quería llegar a personas con o sin conocimiento frente al tema para así poder determinar la posición de la ciudadanía en general y no únicamente a un público académico o especializada, pues fue evidente en las etapas tempranas de

esta investigación que es la ciudadanía el primer eslabón de cualquier modelo de gestión de recursos.

Las preguntas que se realizaron en la encuesta, así como el formato usado para filtrar la información hacen parte del **Anexo 1**.

### **3.1.2 Matriz documental**

Mediante la matriz documental se realizó un análisis de la información obtenida en el proceso de investigación. Se especificó la referencia, año de publicación, tipo de documento (Tesis, libro, informe, entre otros) o página web y su aporte como se observa a continuación:

**Figura 2.**

*Esquema de la matriz documental.*

<b>Año</b>	<b>Referencia</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Aporte</b>
X	X	X	X	X

**Nota.** Se observa el modelo de la matriz documental mediante la cual se realizará el análisis de la información obtenida. El autor.

Las dos anteriores herramientas, permitieron realizar un estudio general del tema lo cual nos direcciona a un enfoque de investigación multi-método.

La presente investigación corresponde a un estudio no experimental, porque no hubo manipulación de variables, únicamente se observaron eventos con información brindada por la Fundación TESLA -compañía gestora de RAEE que opera en el departamento del Quindío- y la información recopilada de fuentes como Ministerio de Ambiente, así como organizaciones especializadas, empresas privadas y datos brindados por el DANE, y en general, cualquier fuente que permita enriquecer la eventual estrategia generada en el presente documento.

## 3.2 Población y muestra.

### 3.2.1 Población.

La población que hizo parte del presente estudio fue: (i) generadores de RAEE en el departamento del Quindío, (ii) recolectores de basura que se ven indirectamente afectados por la mala gestión de este tipo de residuos y que juegan un rol importante en la recolección de estos residuos, (iii) población en general que, así como se ve afectada por la mala gestión de residuos, también desempeña un rol fundamental en el buen funcionamiento de cualquier sistema de gestión de RAEE.

### 3.2.2 Muestra

Como primera medida, es importante aclarar que la recolección de la información se obtuvo en la calle, barrios según el tipo, siendo estos de tipo residencial, industrial y empresarial, dirigiéndose la encuesta de la manera precisada en el aparte 2.1.1 del presente documento.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se tomó como referencia el tamaño de la población en el año 2018 la cual correspondía a 295.208 habitantes en la ciudad de Armenia, un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 5%. Es importante establecer que, para seleccionar el método de cálculo que ayudó a obtener dichos resultados, se procuró un método estadístico que permitiera establecer una muestra de tamaño  $n$  en función de una población finita  $N$  teniendo en cuenta que el presente proyecto tiene como eje la perspectiva de las personas que habitan en algunos municipios del departamento del Quindío. Siendo esto, se seleccionó la formulación matemática que se evidencia en la **Ecuación 1**.

**Ecuación 1.** Cálculo del tamaño de la muestra.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

**Nota.** Estadística y muestreo. Martínez, C. 2012.  
(Martínez Bencardino, 2012, pág. 308)

Donde:

Z= Constante función del nivel de confianza. Para un nivel de confianza del 90%, este valor es igual a 1.65 [Adimensional]. Usualmente, se utiliza un nivel de confianza del 95% (Triola, 2018). Sin embargo, para darle mayor manejabilidad a la elaboración de las encuestas, se decidió manejar un nivel de confianza del 90%.

N= Universo total igual a 295208 habitantes.

p= Porcentaje de individuos que poseen la característica en una población. Este valor es usualmente 0.5 cuando no se conoce una estimación previa del tamaño de la muestra. (Triola, 2018, pág. 300)

q= Porcentaje de individuos que no poseen la característica en una población. Este valor es igual a 1-p, es decir, 0.5.

e= Margen de error equivalente al 5%.

Aplicados los parámetros anteriormente citados en la **Ecuación 1** se tiene que:

**Ecuación 2.** Cálculo del tamaño de la muestra del presente estudio.

$$n = \frac{(1.65)^2 * 295208 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 (295208 - 1) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5} = 272 \text{ habitantes}$$

**Nota.** Fórmula para el tamaño de la muestra

El resultado de esta operación aritmética nos arroja que la muestra debe tener un tamaño de al menos **272 individuos**. Las respuestas obtenidas de esta muestra, así como el marco referencial presentado a continuación, constituyen los pilares del plan de fortalecimiento propuesto para la Fundación Tesla.



## 4 MARCO REFERENCIAL

### 4.1 Marco conceptual

#### 4.1.1 Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

El término “residuos de aparatos eléctricos y electrónicos” hace referencia a aquellos aparatos dañados, apartados o antiguos que consumen electricidad. Dentro de ellos se encuentran aparatos como computadores, celulares y electrodomésticos que ya no son utilizados. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010, pág. 8)

#### 4.1.2 Clasificación.

Dependiendo del autor o la legislación, los RAEE pueden ser clasificados de muchas maneras, por ejemplo, la clasificación vigente en la Unión Europea difiere a la clasificación establecida por el Ministerio de Ambiente de Colombia. No obstante, en el presente trabajo, se mencionarán las que se consideran más pertinentes y que se alinean mejor a la naturaleza, alcance y objetivos del presente documento esto, teniendo en cuenta que el marco legal se alinea con lo establecido por las leyes y regulaciones colombianas.

4.1.2.a Clasificación por categorías. Los productos o aparatos que al final de su vida útil pueden constituir residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), se clasifican en 10 categorías. **Ver Figura 3.**

#### Figura 3.

*Clasificación por categoría de RAEE*

N°	Categoría	Ejemplos
1	Grandes electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, etc.

**Figura 3***(Continuación)*

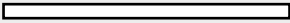


N°	Categoría	Ejemplos
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados (minicomputadoras, impresoras), y elementos de computación personal (computadores personales, computadores portátiles, fotocopiadoras, telex, teléfonos, etc.).
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de vídeo, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras y máquinas de coser.
7	Juguetes, equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de vídeo y juegos de vídeo.
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo o reguladores de calor.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos sólidos.

**Nota.** En la presente figura se puede observar la clasificación vigente establecida por el Ministerio de Ambiente para los distintos tipos de RAEE. Tomado de *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Ministerio de Ambiente, V. Y. D. T. (2010. pág. 9).

4.1.2.b Clasificación por colores. A continuación, se observa otra clasificación usada para los RAEE la cual comprende su división en tres líneas, denominadas mediante colores, como se muestra a continuación. **Ver Figura 4.**

**Figura 4.**

*Clasificación por colores RAEE.*

Color de la línea	Descripción	Ejemplo
<b>Línea blanca</b> 	Electrodomésticos grandes y pequeños	Neveras, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
<b>Línea marrón</b> 	Electrónicos de consumo	Televisores, equipos de sonido y de vídeo.
<b>Línea gris</b> 	Equipos informáticos y de telecomunicaciones	Computadores, teclados, ratones, teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles.

**Nota.** En cuanto a la naturaleza de los electrodomésticos, estos pueden clasificarse por color, siendo tres las clasificaciones. Línea blanca, línea marrón y línea gris. Tomado de *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Ministerio de Ambiente, V. Y. D. T. (2010). pág. 10.*

4.1.2.c Según su gestión y manejo. El Reglamento RAEE establece los derechos y obligaciones para la adecuada gestión y manejo de los mismos, a través de las diferentes etapas desde su generación hasta su disposición final.

Este proceso lo compone la generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, reaprovechamiento y disposición final. A lo largo de este proceso se involucran diferentes actores para el manejo responsable con la finalidad de mejorar las condiciones de vida, mitigar el impacto ambiental y en la salud de las personas (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 4)

Desde la perspectiva de la gestión y el adecuado manejo de los residuos, se propone aplicar la clasificación detallada en la **Figura 5.**

**Figura 5.**

*Clasificación de RAEE desde una perspectiva de su gestión y manejo.*

No	Categorías	Ejemplos	Justificación
1	Aparatos destinados a la refrigeración.	Neveras, congeladores, otros refrigerantes	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual
2	Electrodomésticos grandes y medianos (menos equipos de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que puede 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.** La presente figura relaciona las categorías generales con cada uno de los electrodomésticos asociados y las particularidades propias de la gestión de cada categoría. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010, pág. 10)

## **4.2 Marco legal.**

### **4.2.1 Legislación relacionada con la disposición de RAEE.**

Identificada a principios del siglo XX, la problemática asociada a la disposición de los RAEE ha llevado que, tanto a nivel nacional como internacional, se generen regulaciones que mitiguen el impacto de estos residuos en el medio ambiente y en la salud de las personas expuestas a estos.

Es importante comprender que los gobiernos y entidades territoriales deben ser parte de cualquier estrategia que permita mejorar y fortalecer los sistemas de recolección.

Por esta razón, a continuación, se mencionan y describen brevemente dichas políticas tanto nacionales como internacionales que pueden llegar a orientar la estrategia a desarrollar en el presente trabajo.

4.2.1.a Ley 1672 de 2013. Emitida el 19 de julio de 2013, esta ley establece los lineamientos de política pública para la gestión de los RAEE en el territorio colombiano (Congreso de la República, 2013). Además, se establece la disposición del Gobierno Nacional para la creación y articulación de mecanismos que garanticen y fomenten la creación de estrategias para organizar, controlar, vigilar y estimular las buenas prácticas en la gestión de RAEE incluyendo de esta manera a los actores que en esta tarea intervienen empezando por el Gobierno Nacional, pasando por los productores, comercializadores, y terminando con consumidores y gestores.

Las disposiciones de la presente ley se aplican en todo el territorio nacional, a las personas naturales o jurídicas que importen, produzcan, comercialicen, consumen aparatos eléctricos y electrónicos y gestionen sus respectivos residuos (Congreso de la República, 2013). Para la aplicación de la presente ley se tendrá como principios rectores:

- responsabilidad extendida del productor
- participación activa
- creación de estímulos
- descentralización
- innovación, ciencia y tecnología
- gradualidad
- ciclo de vida del producto
- producción y consumo sostenible

- prevención

4.2.1.b Decreto 284 de 2018. Modifica y agrega al Decreto 1076 de 2015 – el cual consolida la globalidad de la normatividad ambiental a nivel nacional - el Título 7A, reglamentando según lo definido en el Artículo 20 de la Ley 1672 de 2013 (Congreso de la República, 2018).

En este decreto se establecen las responsabilidades de cada una de las partes involucradas en la gestión de los RAEE, fortaleciendo jurídicamente el desarrollo de cualquier estrategia presentada en el presente documento, dando el alcance de sancionar las malas prácticas en materia de gestión de RAEE según lo estipulado en el Artículo 111 de la Ley 1801 de 2016.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establecerá los lineamientos y requisitos que deberán cumplir los sistemas de recolección y gestión de RAEE a cargo de productores y los indicadores de gestión por resultados para su evaluación y monitoreo. (Congreso de la República, 2018). El documento se divide en 4 capítulos:

- Disposiciones generales
- Alcance de las obligaciones de los actores involucrados
- Información sobre los AEE y los RAEE
- Disposiciones finales

4.2.1.c Política Nacional del 2017 - Gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE): Se define la hoja de ruta hasta el año 2032 que deberán seguir el Estado, en cabeza de las diferentes entidades de los órdenes nacional, regional y local, y los sectores productivos y empresariales del país para afrontar la problemática global y local que presenta la generación creciente de los RAEE y su manejo inadecuado. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017) El documento comprende de seis capítulos, que son los siguientes:

- antecedentes en materia de gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, que brindan los lineamientos para la formulación de la presente política;
- marco de referencia en el que se incluye los marcos conceptuales, normativo, de política, institucional y socioeconómico;
- diagnóstico de la problemática de la gestión de los RAEE en Colombia, en materia de la generación estimada de estos residuos, reportada tanto por estudios internacionales como locales y la problemática identificada;
- planteamiento del marco estratégico que comprende los principios y objetivos que orientarán el desarrollo de esta política;
- formulación del plan de acción que incluye las estrategias, líneas de acción, indicadores y responsables de las tareas planteadas que permitirán la implementación de la política;
- sistema de seguimiento y evaluación de la política.

4.2.1.d Resolución 1512 del 2010. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de computadores o periféricos que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computares o Periféricos, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente. Se define como Productor de computadores o periféricos a la persona natural o jurídica que, con independencia de la técnica de venta utilizada. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

- fabrique computadores o periféricos bajo su propio nombre o su propia marca, o haga diseñar o fabricar computadores o periféricos y comercialice dichos productos bajo su nombre o marca;
- ponga en el mercado o revenda bajo su nombre o marca, computadores o periféricos fabricados por terceros;
- importe o introduzca al país computadores, impresoras o periféricos procedentes de otro país;

- ensamble computadores o periféricos sobre la base de componentes de múltiples productores, bajo su propio nombre o su propia marca.

La presente resolución se aplicará a los productores de 100 o más unidades al año, de los siguientes equipos:

- sistemas informáticos personales: Computadores personales (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado) y computadores portátiles;
- impresoras.

4.2.1.e Decreto Ley 2811 del 1974 – Código nacional de recursos renovables y de protección al medio ambiente. El ambiente es patrimonio común.

El estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social. (Lopez Michelsen, 1974)

Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este código tiene por objeto:

- Lograr la preservación, restauración del ambiente, conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables.
- Prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos.
- Regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la administración pública.



4.2.1.f GIRESPÉL – Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Esta se estructuró con el fin de alcanzar los objetivos planteados para la gestión de residuos peligrosos y contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible.

El objetivo general de esta política ambiental es continuar fortaleciendo la gestión integral de residuos peligrosos, reconociendo la necesidad de los grupos de interés, así como la problemática ambiental asociada a su generación y manejo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., 2022, pág. 89)

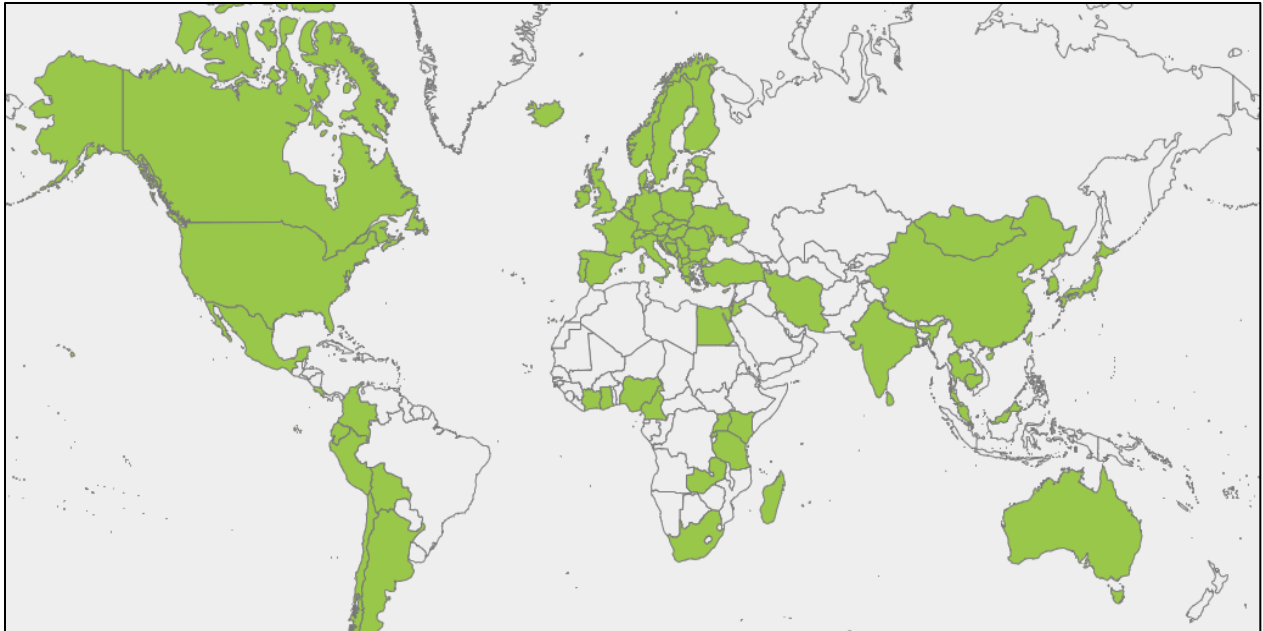
De las leyes, decretos y políticas anteriormente mencionadas es importante recalcar que existe a nivel jurídico una serie de lineamientos que, de comunicarse públicamente con el rigor que merecen ser transmitidos a las partes que hacen parte de la cadena de generación y gestión de RAEE, permitirían maximizar y fortalecer el alcance de las estrategias de gestión.

Por esto resulta capital para el desarrollo del presente documento, primero, definir y reconocer de manera precisa el estado actual de la gestión de RAEE, así como las prácticas actuales llevadas a cabo a nivel mundial, en Colombia y particularmente, en el departamento de Quindío que permitan generar un punto de partida, así como identificar las falencias y las medidas a implementar para fortalecer y acoplar dichas prácticas según lo enmarcado en la ley colombiana.

En términos generales, es importante resaltar que si bien, en términos de normatividad en torno a los RAEE, queda mucho por avanzar, los avances en esta materia son prominentes, esto teniendo en cuenta que, la preocupación de los gobiernos respecto al impacto ambiental de estos residuos, tiene un poco más de 20 años. No obstante, como se puede evidenciar en la **Figura 6** aún hacen falta legislaciones por parte de muchos países lo que disminuye la eficacia de las medidas implementados por muchos de los actores a nivel mundial.

## Figura 6.

Países que cuenta con legislación en torno a los RAEE.



**Nota.** En verde, países que actualmente tienen una legislación en torno a la gestión de los RAEE. Se observa además que, fundamentalmente, países del África son los más débiles en torno a las iniciativas estatales y, en consecuencia, es donde se evidencia mayores problemas por la mala disposición de RAEE. Tomado de *The Global e-waste Statistics Partnership. Organización de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones* (Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones, 2022).

### **4.2.2 Iniciativas internacionales para la gestión de RAEE.**

A lo largo de las dos últimas décadas se han desarrollado iniciativas a nivel internacional, canalizadas a través de diferentes organizaciones, que tienen como objetivo brindar mecanismos que permitan orientar la gestión de los RAEE hacia las políticas internacionales de desarrollo sostenible. A continuación, se desarrollarán brevemente algunas de estas iniciativas.

4.2.2.a StEP. Por sus siglas en inglés (Solving the e-waste problem), esta iniciativa surgió en Berlín durante la conferencia Electronics Goes Green en 2004 y está conformado por diferentes actores: industria, academia, gobiernos, ONG's y organizaciones internacionales. Los objetivos principales de StEP son (Step, 2022):

- actuar como un centro de conocimiento de RAEE;
- incrementar la reutilización RAEE;
- incrementar el recobro de materias primas a partir de RAEE;
- apoyar el procesamiento seguro de los RAEE;
- promover la idea del ciclo de vida;
- recomendar políticas claras en torno de los RAEE.

Según el sitio web de la iniciativa, esta cuenta con alrededor de 38 miembros entre los que se destacan Microsoft y Phillips (Step, 2022).

4.2.2.b MPPI. Por sus siglas en inglés – Mobil Phone Partnership Initiative – fue fundada durante la Sexta Conferencia de Basilea por doce compañías productoras de teléfonos móviles y su propósito fue desarrollar y promover la gestión responsablemente sostenible de los teléfonos móviles al final de su vida útil. Los objetivos promovidos por la asociación fueron (Basilea., 2022):

- mejorar la administración de los dispositivos;
- influenciar el comportamiento de los usuarios para dirigirlos hacia acciones ambientalmente más amigables;
- promover la reutilización, la reparación, recobro de componentes, reciclaje y opciones de disposición amigables con el medio ambiente;
- movilizar apoyo político e institucional para la gestión ambientalmente responsable de los recursos.

El documento final fue adoptado en 2011 durante la Décima Convención de Basilea que se llevó a cabo en la ciudad de Cartagena.

4.2.2.c PACE. Por sus siglas en inglés -Partnership for Action on Computing Equipment- fundada durante la Novena Convención de Basilea, y similar en su naturaleza a MPPI, reunió distintos actores de la industria de la computación. El propósito de esta iniciativa es incrementar la gestión responsable de los equipos de cómputo al final de su vida útil y apunta principalmente a (Secretariado de la Convención de Basilea, 2022):

- promover medidas de uso sostenible como uso continuo, reparación y actualización de computadores personales en países desarrollados y en desarrollo;
- desarrollar métodos para pasar de la quema y la disposición inadecuada de los computadores a operaciones de reciclaje;
- desarrollar manuales técnicos para reparar, actualizar y reciclar adecuadamente los computadores, incluyendo en estas guías parámetros para testear, enmarcar y certificar prácticas ambientalmente amigables;
- eliminar el envío de equipos obsoletos a países en desarrollo y economías en transición.

4.2.2.d Iniciativa Global e-Sustainability (GeSI). Fue iniciada en el año 2001 como una respuesta a los Objetivos de Desarrollo del Milenio firmados por 189 miembros de las Naciones Unidas (Organización de las Naciones Unidas, 2022). Conformada por actores de la industria de las telecomunicaciones como fabricantes, ONG's, proveedores de servicios y consultores independientes, actualmente trabaja como una asociación sin ánimo de lucro y está enfocada en:

- desarrollar una metodología que permita disminuir la huella de carbono generada por el sector de las comunicaciones, así como ayudar a otros sectores a reducir sus emisiones a partir de la promoción de tecnología innovadora;
- promover mecanismos que permitan mejorar las prácticas en torno a la cadena de suministros;

- promover prácticas take-back y crear herramientas que permitan una gestión adecuada de los RAEE, incluyendo el reciclaje y la reutilización;
- estandarizar junto con actores de la industria áreas claves como, por ejemplo, la eficiencia energética.
- Involucrarse con actores gubernamentales para promover políticas que contribuyan a la sostenibilidad;
- generar consciencia de la iniciativa, así como del rol de la industria de las telecomunicaciones en las prácticas de sostenibilidad (Global Enabling Sustainability Initiative, 2022).

### **4.3 Marco contextual.**

A nivel mundial la gestión de los RAEE es una problemática de extendido alcance, pues si bien se ha planteado un sinnúmero de estrategias por parte de los países desarrollados y los organismos internacionales, según Holuszko et al. muchos países no tienen un sistema de gestión estructurado y una enorme cantidad de RAEE son llevados a rellenos sanitarios (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 3) como si se tratase de basura ordinaria. Y si bien muchos países, en especial los países desarrollados, han generado diferentes estrategias con el fin de disminuir los problemas asociados con la disposición de los RAEE (exportación de basura a países no desarrollados y disposición en sitios inadecuados), la falta de control por parte de las autoridades y lo poco rentable que puede resultar en algunos casos la gestión de RAEE, permean dichas regulaciones y a nivel mundial la preocupación por la disposición de los RAEE es cada vez mayor.

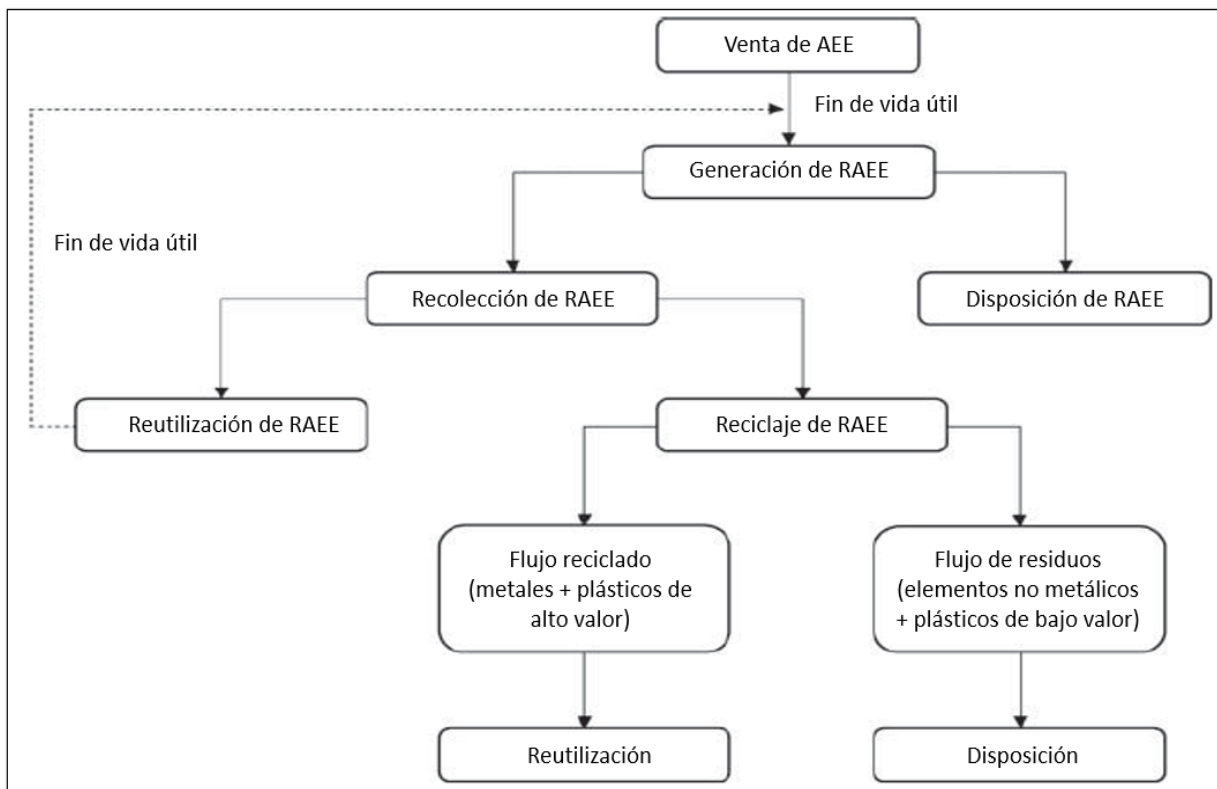
Según Forti et al. el total de basura electrónica generada a nivel mundial fue de 53.6 millones de toneladas y se espera que este volumen alcance los 74 millones de toneladas para 2030. Por otra parte, el seguimiento de los RAEE generados deja mucho que pensar respecto a la disposición de estos. En 2019, se documentaron formalmente la recolección y reciclaje de 9.3 millones de toneladas, es decir, el 17.4% de los RAEE generados para ese año. (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 13)

Para minimizar estas cifras, Holuszko et al indican que el primer enfoque sería la recolección y el reciclaje de los RAEE (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 3). Sin embargo, tal como lo documentan Forti et al, con un incremento de 9.2 Mt entre 2014 y 2019, respecto a un reciclaje de 1.8 Mt en el mismo periodo de tiempo, las estrategias se están quedando cortas (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 13). Como consecuencia, una de las primeras medidas para afrontar el crecimiento de estos RAEE es generar conciencia entre la población general, esto, a través de metodologías que transmitan el ciclo de vida útil de los AEE.

Los AEE una vez salen de la tienda están destinados a caer en la obsolescencia, aun cuando esta no sea programada, una vez se conviertan en RAEE, estos, o bien pueden recolectarse, reciclarse y obtener componentes que pueden hacer parte del sistema de producción de nuevos electrodomésticos, o bien pueden parar en un vertedero, lo cual sería optimo que sucediera una vez los componentes valiosos, reutilizables y/o contaminantes hayan sido retirados. Un diagrama que con brevedad define lo anteriormente descrito se puede observar en la **Figura 7**.

**Figura 7.**

Ciclo de vida de los AEE.



**Nota.** La figura representa el ciclo de vida de los AEE. Compra de AEE, generación de RAEE, recolección de RAEE, reciclaje de RAEE, reutilización de metales y plásticos valiosos y disposición. Tomado de *Electronic Waste Recycling and Reprocessing for a sustainable future*. Holuszko M et al. 2022 (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 4). Modificado por el autor.

Tal como se observa en la **Figura 7**, es evidente que una recolección del 100% es una utopía, sin embargo, el reciclaje de los metales y de los plásticos de alto valor es muchas veces olvidado y pasan a hacer parte del paisaje de los rellenos sanitarios. De hecho, tal como lo indican Forti et al, el destino del 82.6% (44.3 Mt) de RAEE generados en 2019 es incierto, así como su paradero y las implicaciones de los mismos en el medio ambiente (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 14).

Asimismo, Forti et al. señalan que probablemente la mayoría de estos RAEE sean mezclados y dispuestos con la basura ordinaria en rellenos, además, en países de medios y bajos ingresos, (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 14) los RAEE son

tratados de manera precaria incidiendo enorme y negativamente en la salud de los encargados de dicho tratamiento, así como en el medio ambiente y las comunidades aledañas a los botaderos, pues el tratamiento muchas veces consiste en la quema inadecuada (**Ver Figura 8**) de los componentes plásticos para extraer los metales que son considerados de mayor valor (Interesting Engineering, 2020)

**Figura 8.**

*Quema inadecuada de RAEE.*



**Nota.** Quema de RAEE como método de extracción de metales. Tomado de *Uneven Development: Urban and industrial growth and Its Environmental Implications for Rural and Urban Communities in Ghana*. Obirikorang, Kwasi et al. 2018. (Obirikorang, ABAWIERA, Nkrumah, & Ansong, 2018, pág. 7)



### 4.3.1 Composición y peligrosidad de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Los RAEE son una mezcla compleja de varios materiales los cuales ya no se consideran como útiles y son descartados, algunos de los cuales son materias primas escasas y valiosas que ameritan ser recuperados (Ver **Figura 9**). Otros si bien no generan problemas durante su uso, se convierten en un peligro a la salud y al ambiente cuando se liberan bajo condiciones inadecuadas de manipulación inapropiadas (Ministerio del Ambiente, 2014).

**Figura 9.**

*Porcentaje en peso de los materiales contenidos*

Categoría de AEE	Metales férricos	Metales no férricos	Vidrio	Plásticos	Otros
Grandes electrodomésticos: un frigorífico o lavadora	61%	7%	3%	9%	20%
Pequeños electrodomésticos: una aspiradora o plancha	19%	1%		48%	32%
Equipos informáticos: un ordenador o impresora	43%		4%	30%	23%

**Nota.** Contenido en peso de los materiales existentes en distintos tipos de RAEE. Tomado de *¿Qué son los RAEE?: definición de los RAEE. Fundación ECOLEC.* (Ecoltec, 2021). Modificado por el autor.

La Fundación ECOLEC afirma que:

“Los RAEE pueden llegar a contener sustancias peligrosas, entre ellas el cadmio, mercurio, plomo, arsénico, fosforo, aceites peligrosos y gases que afectan al calentamiento global como los clorofluorocarbonos (CFC), hidroc fluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC), hidrocarburos (HC) o amoniaco (NH<sub>3</sub>), que si bien son necesarias para garantizar su funcionalidad” (Ecoltec, 2021).

En consecuencia, y acompañado de los factores descritos con anterioridad, la disposición de los RAEE representa un riesgo enorme para el medio ambiente y para la salud humana. Según Forti et al, un total de 50 t de mercurio y 74000 t de plásticos BFR -utilizados como recubrimiento de cables) se encontrarían en los RAEE no documentados a nivel global y dichos componentes estarían siendo liberados al medio ambiente (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 15). Por otra parte, y como se evidencia en la **Figura 10**, los RAEE están compuestos de un sinnúmero de compuestos que tienen un efecto negativo comprobado en la salud humana.

**Figura 10.**

*Sustancias peligrosas y su localización en los RAEE.*

<b>Sustancia</b>	<b>Localización en los RAEE</b>
<b>Compuestos halogenados</b>	
<b>Bifenilos policlorados (PCB)</b>	Condensadores, transformadores e interruptores de potencia.
<b>Tetrabromo bisfenol A (TBBA)</b> <b>Polibromobifenilos (PBB) Éteres de difenilo polibromado (PBDE)</b>	Retardantes de llama para plásticos (componentes termoplásticos, aislamiento del cable). TBBA es actualmente el retardante de llama más ampliamente utilizado en las tarjetas de circuito impreso y en las carcasas.
<b>Clorofluorocarbonos (CFC)</b>	Unidad de refrigeración y espuma del aislamiento.
<b>Policloruro de vinilo (PVC)</b>	Aislamiento de cables.
<b>Metales pesados y otros metales</b>	
<b>Arsénico</b>	Pequeñas cantidades en forma de arseniuro de galio en diodos emisores de luz (LED).
<b>Bario</b>	Captadores (getters) en tubos de rayos catódicos (TRC).
<b>Berilio</b>	Fuentes de potencia que contienen rectificadores controlados de silicio y lentes de rayos X.
<b>Cadmio</b>	Baterías recargables de NiCd, película fluorescente (pantallas de TRC), tintas de impresora y tóner y máquinas de fotocopias (tambor de impresión).
<b>Cromo VI</b>	Cintas de datos y discos flexibles
<b>Plomo</b>	Pantallas de TRC, baterías y tarjetas de circuito impreso
<b>Litio</b>	Baterías de litio.

**Figura 10.**

(Continuación).

<b>Sustancia</b>	<b>Localización en los RAEE</b>
<b>Mercurio</b>	Lámparas fluorescentes que proporcionan iluminación en LCD, en algunas pilas alcalinas y el mercurio como contacto en interruptores.
<b>Níquel</b>	Baterías recargables de NiCd o NiMH y cañón de electrones en los TRC
<b>Tierras raras (itrio, europio)</b>	Capa fluorescente (pantalla de los TRC).
<b>Selenio</b>	Máquinas de fotocopias antiguas (fototambores).
<b>Sulfuro de zinc</b>	Interior de las pantallas de tubos de rayos catódicos, mezclado con metales de tierras raras.
<b>Otros</b>	
<b>Polvo de tóner</b>	Cartuchos de tóner para impresoras láser y copiadoras.
<b>Sustancias radioactivas: Americio</b>	Equipos médicos, detectores de fuego y elementos activos de detectores de humo.

**Nota.** La presente figura evidencia la amplia gama de compuestos presentes en RAEE y sus componentes. Es notable la cantidad de elementos nocivos para la salud y el medio ambiente. Tomado de *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos*. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010, pág. 13)

Como se puede observar en la **Figura 10**, muchos de los componentes presentes en los AEE son de conocida toxicidad. El cadmio (Cd) tiene un impacto enorme, principalmente, en los riñones y los huesos; por su parte los componentes de PVC liberan toxinas que afectan el sistema reproductivo y el sistema inmune; asimismo metales con el mercurio y el plomo tienen efectos adversos en el sistema nervioso central, riñones y cerebro. (Goodship & Stevels, 2012, pág. 5)

#### **4.3.2 Impacto ambiental.**

Los RAEE son potencialmente un riesgo para el ambiente según el manejo que se les dé, así como la fuente de materiales valiosos y peligrosos. Las sustancias peligrosas no representan un riesgo durante la fase de vida útil de los equipos, pueden ser perjudiciales al final de su vida útil y específicamente cuando son sometidos a procesos de

desensamble en condiciones no adecuadas. El plomo en tubos de rayos catódicos (TRC), el cadmio, los retardantes de llama bromados en plásticos y el mercurio en la luminaria de las pantallas planas son sólo algunos de las sustancias peligrosas que se encuentran en los RAEE y sin potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente si no son manejados de manera adecuada. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010, pág. 11)

No menos relevante es el impacto de la mala gestión de los RAEE en los cuerpos de agua. Asimismo, la liberación de estas sustancias peligrosas al ambiente puede conducir a la bioacumulación, la contaminación de los alimentos y a una contaminación generalizada. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010, pág. 11)

Por otra parte, el manejo inapropiado tiene un efecto no cuantificado en el cambio climático. Forti et al indican que los materiales valiosos no reciclados de los RAEE no sustituyen la cantidad de dichos materiales que, en consecuencia, deberán ser extraídos por métodos de minería convencionales (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 15), los cuales además de extraídos deben ser transportados y procesados para ser usados en nuevos AEE. Adicionalmente, los mismos autores ponen en evidencia que, cerca de 98 Mt de CO<sub>2</sub> equivalentes son liberados a la atmosfera provenientes de refrigeradores y aires acondicionados que no fueron adecuadamente tratados.

#### **4.3.3 Impacto económico.**

Otro de los focos en el que se orienta la adecuada gestión de los RAEE es en el valor económico que tienen los componentes que los conforman. Según Forti et al, el valor potencial de los metales y otros materiales reciclables de los RAEE es cercano a los 57 mil millones de dólares (Forti, Baldé, Kuehr, & Bel, 2020, pág. 15). Metales como oro, plata, cobre, hierro y aluminio hacen parte de la composición de los RAEE que en muchos casos van a terminar a los botaderos, esto sin nombrar, la presencia de metales catalogados como tierras raras como el tántalo, indio, neodimio, europio, galio, entre otros, los cuales actualmente, incluso en países de la Comunidad Europea, no son

recicladados. (Chagnes A., 2016, pág. 22) Por otra parte, es importante recalcar que, muchos de los metales presentes en los RAEE, están presentes en mayores concentraciones en los RAEE que en las minas más prolíficas de estos minerales, tal como se evidencia en la **Figura 11**.

**Figura 11.**

*Concentración de metales en RAEE y minas naturales.*

	Copper %	Aluminum %	Iron %	Gold ppm	Silver ppm	Palladium ppm
Air conditioner	6–19	7–9	46	15	58	–
Desktop	7–20	2–4	18–47	46–240	207–570	18–25
Laptop	1–19	1–2	20	32–630	190–1100	19
Mobile phone	10–33	3	5	30–1500	2000–3800	300–1700
Printed circuit board	12–19	2–8	0–11	29–1120	100–5200	33–220
Refrigerator	3–17	1–2	48–50	44	42	–
Television	1–21	1–15	13–43	5–300	120–600	0–20
Washing machine	3–7	0–3	52–53	17	51	–
e-Waste (average)	12–35	1.5–5	5–11	30–350	80–1000	30–200
Typical ore	0.5–3	20–24	30–60	0.5–10	5–10	1–10

**Nota.** En esta figura se evidencia que metales como el oro, la plata, el paladio y el cobre, se encuentran en mayor concentración en los RAEE que en minas naturales. Tomado de *Electronic Waste Recycling and Reprocessing for a sustainable future*. Holuszko et al. 2022. (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 5)

Holuszko et al. describen que, teniendo en cuenta el porcentaje en peso de oro en un celular, y teniendo en cuenta el número estimado de móviles a nivel mundial, se puede estimar que hay cerca de 300 t de oro en estos dispositivos, por lo que incluso cuando se presentan en pequeñas cantidades, la extracción de estos metales justifica la inversión requerida para los modelos de economía circular que se pueden implementar en torno a los RAEE. (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 6)

#### **4.3.4 Métodos de adecuación. Tratamiento y Reciclaje de RAEE.**

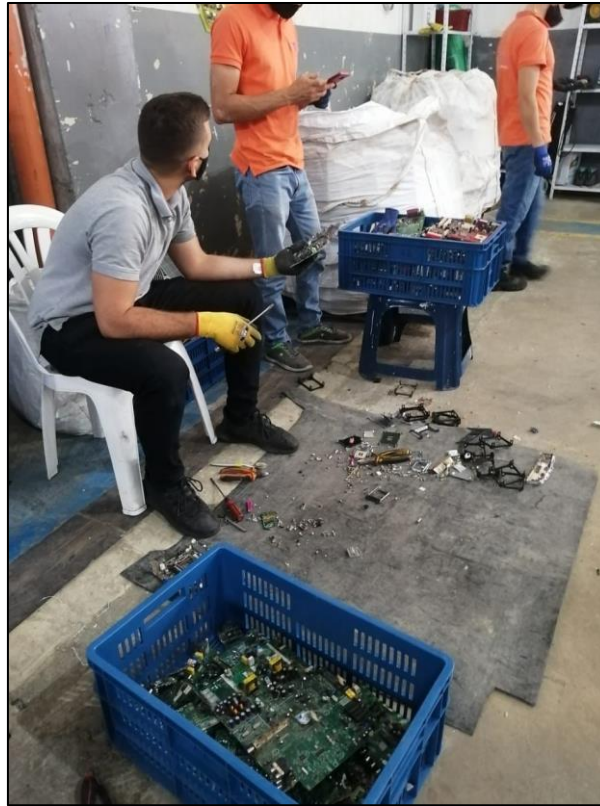
Si bien el potencial económico de los componentes existentes en los RAEE es enorme, las tecnologías requeridas para la separación de los mismos no están disponibles en las locaciones del mundo donde los RAEE constituyen un verdadero riesgo ambiental. No obstante, a grandes rasgos, los métodos de reciclaje de RAEE se clasifican en dos grupos: (i) preprocesamiento y (ii) procesamiento final. (Namias, 2013, pág. 27)

El preprocesamiento, también denominado reciclaje mecánico, básicamente implica la separación de los componentes metálicos de los no metálicos para reducir las operaciones necesarias en la separación posterior con procesos más costosos y energéticamente demandantes como la pirometalurgia, hidrometalurgia y la biometalurgia, procesos de los cuales se extraen los componentes de alto valor.

4.3.4.a Desmantelamiento. Este proceso es la primera etapa de separación de los componentes existentes en los RAEE, y generalmente, se lleva a cabo de manera manual. Entre los componentes extraídos durante esta etapa se incluyen: (i) toners de impresoras, (ii) tubos de rayos catódicos de los monitores y/o televisores, (iii) líquido refrigerante, extracción de aceites y baterías de computadores de escritorio.

**Figura 12.**

*Separación manual de RAEE.*



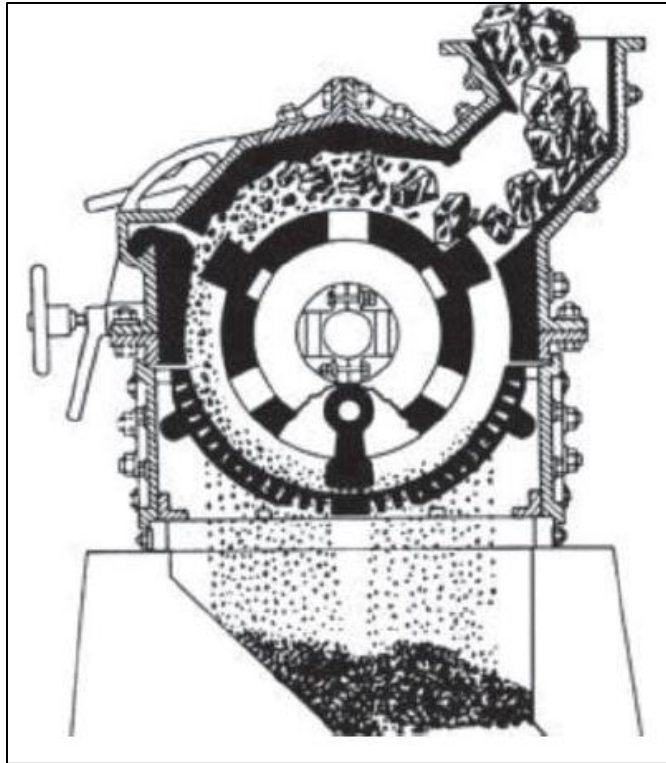
**Nota.** Separación manual de componentes de valor presentes en los RAEE. El autor. 2022.

En esta etapa se separan plásticos, hierro, aluminio, cobre y tarjetas de circuitos. Un ejemplo de esto se observa en la **Figura 12**. Como se mencionó anteriormente, este proceso reduce costos, pues se hace casi siempre de manera manual y reduce el problema de eliminación de polvo. Sin embargo, con la llegada de nuevas tecnologías, la separación manual se vuelve ineficiente, además no garantiza completamente la seguridad de los trabajadores (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 96).

4.3.4.b Trituración. Como su nombre lo indica este proceso implica la trituración de los componentes y aumentar el grado de extracción de componentes, mediante el uso de trituradoras, molinos de martillos y máquinas de naturaleza similar a las destructoras de papel. Un diagrama de un molino de martillo se puede ver en la **Figura 13**.

**Figura 13.**

*Molino de martillo.*



**Nota.** Herramientas como el molino de martillos aumentan los niveles de procesamiento. Holuszko et al. 2022. (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 98)

Los beneficios de estos procesos de trituración mecánicos es que aumentan la capacidad de procesamiento de las plantas y disminuyen los volúmenes de transporte de RAEE a puntos de separación de más alta tecnología. Actualmente, métodos de aplicación de alto voltaje están siendo implementados por los beneficios que ofrecen en cuanto a la mitigación partículas de polvo.

4.3.4.c Separación por medios magnéticos. Este método de separación se implementa para la separación de los minerales ferromagnéticos como el hierro y el níquel, y se fundamenta en la separación producida por las diferencias de las propiedades magnéticas de los materiales.



Estos separadores se constituyen generalmente de una banda transportadora y un imán que genera el campo magnético, y el proceso se aplica generalmente luego de la trituración mecánica. (Chagnes A., 2016, pág. 63)

4.3.4.d Separación por la aplicación de corriente de Foucault. Es el método de separación más utilizado en la separación de materiales no ferrosos como el cobre y el aluminio. (Chagnes A., 2016, pág. 63). Para obtener la máxima eficiencia de este tipo de proceso es imperativo que la corriente de entrada se encuentre libre de materiales ferrosos, razón por la cual, los separadores usados en este proceso se encuentran vinculados con separadores magnéticos de baja intensidad.

Este método aprovecha la creación de un campo magnético inducido por el flujo de corriente a lo largo de un conductor que gira permanentemente, que interactúa con el campo eléctrico del rotor, lanzando las partículas cargadas de la corriente transportada.

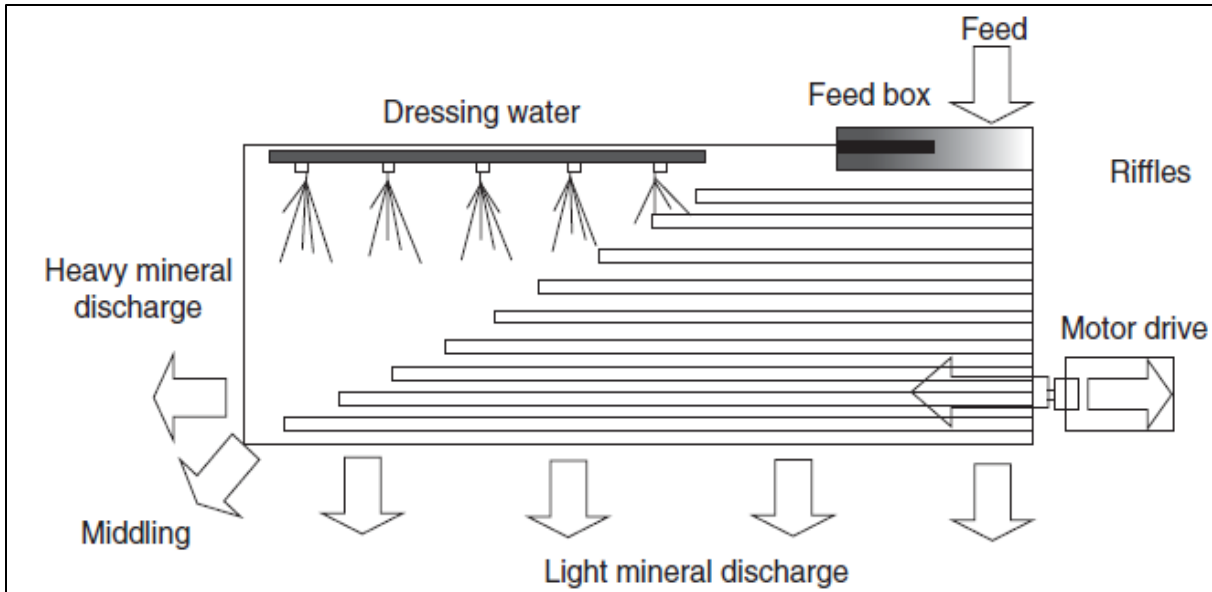
4.3.4.e Técnicas de separación por densidad. Estas técnicas se implementan hoy por hoy para separar los componentes plásticos de las corrientes de reciclados. Estas técnicas se basan en la diferencia de densidad existente entre los plásticos y los metales.

Actualmente, las mesas vibratorias constituyen el principal método de separación por gravedad (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 113). Este método consiste en poner los productos del proceso de trituración en una mesa que vibra de manera perpendicular a la corriente de entrada que a su vez fluye con una corriente de agua que, por densidad, flota las partículas livianas y permite que las partículas de metales se queden adheridas en pequeñas hendiduras paralelas al sentido de la vibración de la mesa generando dos corrientes de salida, una de compuestos pesados y una de plástico.

Un diagrama del funcionamiento del proceso de separación por mesa vibratoria se puede observar en la **Figura 14**.

**Figura 14.**

*Funcionamiento de una mesa vibratoria.*



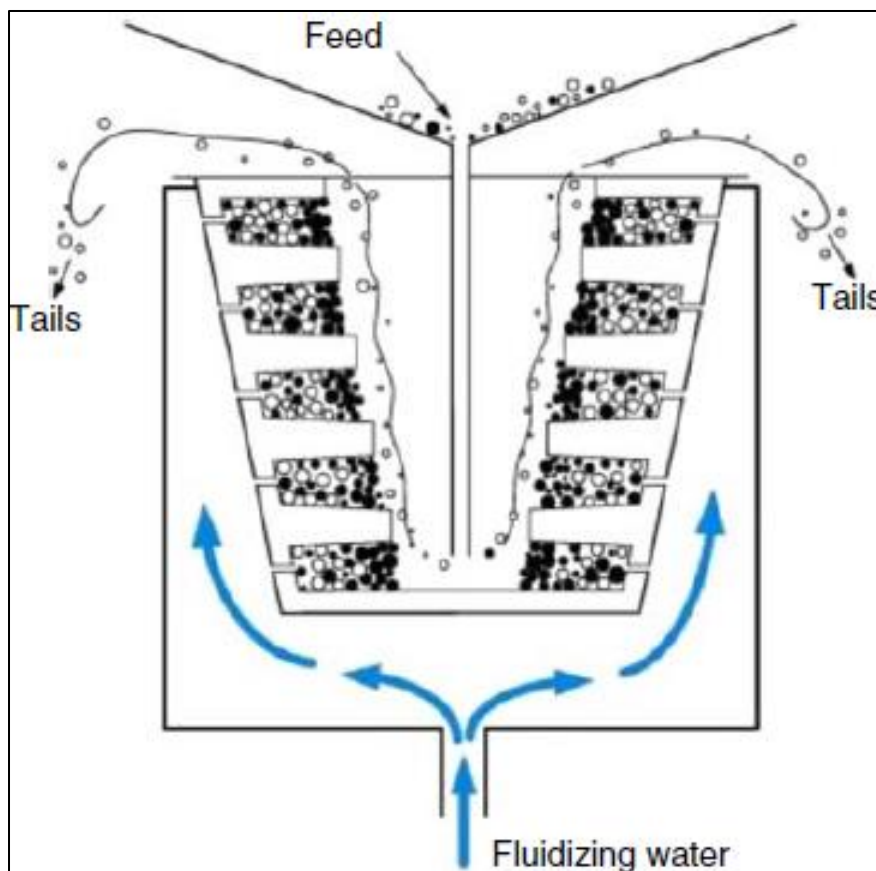
**Nota.** La alimentación del proceso se mezcla con agua una vez entra a la mesa vibratoria. Por acción del agua que genera segregación de los componentes de alta y baja densidad, los plásticos (componentes livianos) flotan en el agua y se separan de los metales (componentes pesados) que quedan atrapados en unas hendiduras que los direccionan a otra salida de la mesa vibratoria. Holuszko et al. 2022. (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 113)

Es importante resaltar que para que la separación de componentes livianos y pesados sea eficiente, la trituración tuvo que ser de excelente calidad, garantizando que los polvillos de la alimentación puedan flotar o sedimentarse, dependiendo el caso.

4.3.4.f Concentradores centrífugos. Mediante una alta velocidad rotacional, una corriente entrante de triturado combinado de metal, plástico y otros componentes, es separada en materiales livianos y materiales pesados. El tambor atrapa los metales pesados en pequeñas grietas -Ver **Figura 15-** y los componentes livianos son lanzados fuera del tambor. Este procedimiento ha mostrado ser particularmente efectivo en la recuperación de metales como el litio y el tántalo.

**Figura 15.**

*Esquema de centrifugador.*



**Nota.** Por acción de la fuerza centrífuga, los componentes pesados se mantienen en las grietas existentes en el tambor. Holuszko et al. 2022. (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 115)

4.3.4.g Procesos pirometalúrgicos. Este tipo de procesos involucra la aplicación de calor y/o sustancias químicas que permiten la extracción de fracciones importantes de aluminio, cadmio, níquel, selenio y telurio. (Ma., 2019, págs. 247-267)

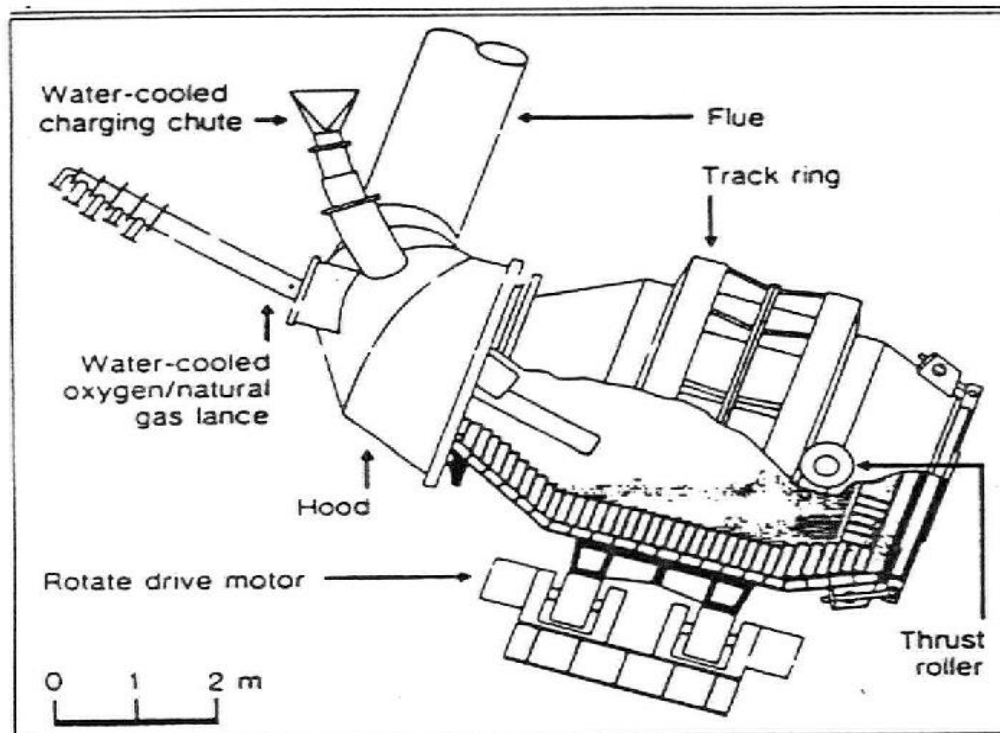
Esta tecnología está principalmente vinculada al tratamiento de las tarjetas de circuitos, esto, porque estos contienen cantidades importantes de elementos que, por una parte, son de alto valor económico, y, por otra parte, son muy poco abundantes en la corteza terrestre. La operación de este tipo de proceso varía con el método implementado, sin embargo, en esencia se introduce en un horno a alta temperatura una mezcla de RAEE con viruta de cobre o plomo, allí, por acción de la temperatura se separan los

componentes metálicos que permanecen en el material fundido y los otros componentes forman un residuo. Por tomar un ejemplo, la compañía Boliden Rönnskär, establecida en Suecia, produce a través de la tecnología Kaldor® cobre, oro y plata (Rönnskär, 2022).

Esta tecnología se basa en el horno Kaldor (ver **Figura 16**), el cual rota durante la operación de fundición. Adicionalmente, este horno está equipado con un sistema de lanza térmica -creación de materiales fundentes a partir de oxígeno presurizado- una vez mezclados los componentes pesados con el material fundente, estos son sometidos a un proceso adicional de refinación el cual separa, a partir de la inyección de aire enriquecido con oxígeno, cinc, plomo y selenio. (Chagnes A., 2016, pág. 112).

**Figura 16.**

*Esquema de centrifugador.*



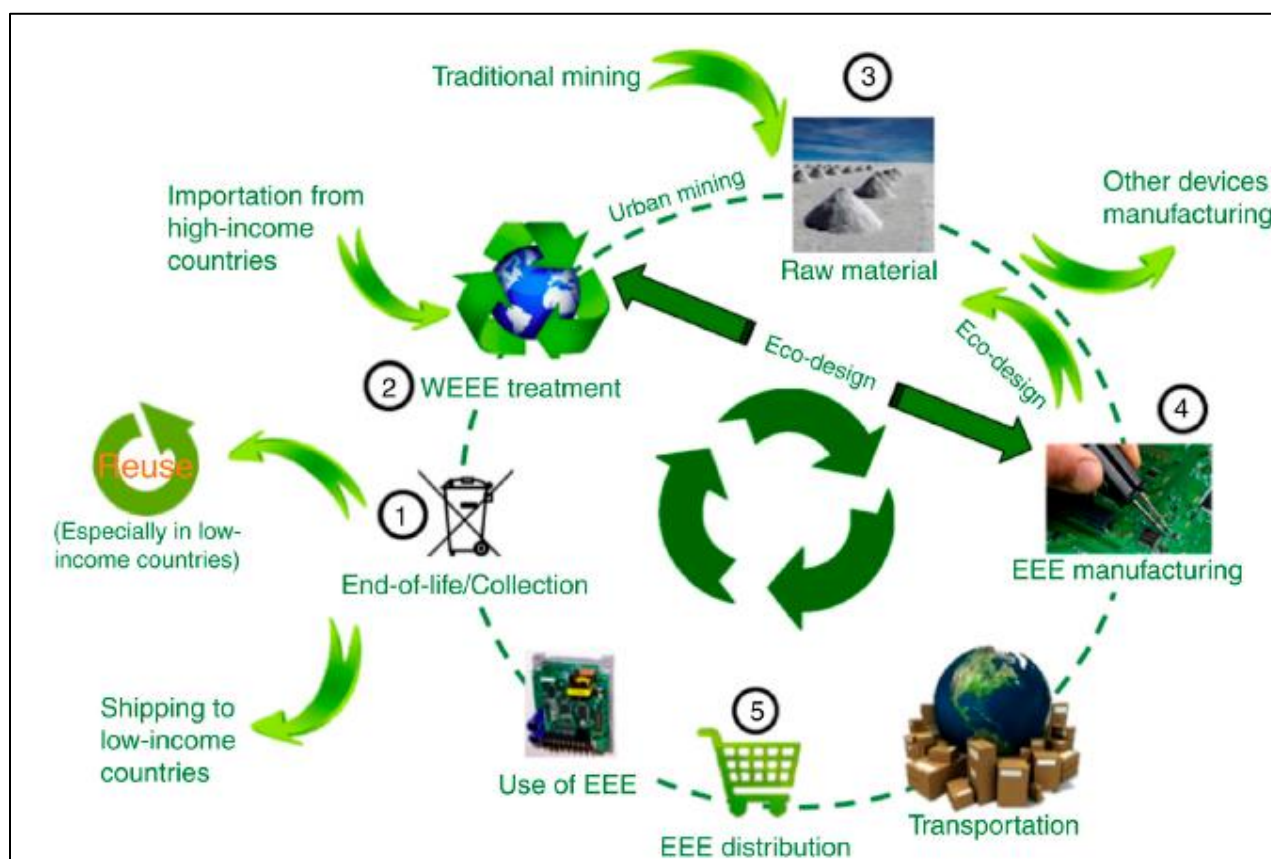
**Nota.** Se evidencia el funcionamiento del horno Kaldor. Materiales fundentes sometidos a un Sistema de lanza térmica se cohesionan con los metales preciosos generando coladas de metales preciosos fusionados con metales como zinc, níquel o hierro. Tomado de *Corrosion of refractories in lead smelting reactors*. Wei, L. 2000. (Wei, 2000, pág. 19)

### 4.3.5 Sistemas de recolección y gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el mundo.

Tal como se ha mencionado a lo largo del presente documento, la preocupación por el potencial contaminante de los RAEE, así como el interés por el valor de los recursos que de estos puede ser recuperado, han llevado a evaluar modelos de economía circular que garanticen la adecuada gestión de los mismos. En la **Figura 17** es posible evidenciar un sistema de economía circular típico para los RAEE.

**Figura 17.**

*Sistema de economía circular para los RAEE.*



**Nota.** En este diagrama se evidencia un diagrama de economía circular para los RAEE. No obstante, se observa que parte del material extraído termina en países de bajos ingresos. Tomado de *WEEE RECYCLING Research, Development, and Policies*. (Chagnes A., 2016, pág. xi)

Una vez los RAEE llegan al final de su vida útil, estos pueden tomar varios rumbos: el reciclaje y/o la exportación a países extranjeros. Cuando los RAEE llegan a países desarrollados son sometidos a procesos de diferentes tipos para extraer los componentes valiosos e integrarlos a la cadena de producción de nuevos AEE que, finalmente, serán comercializados, usados y de nuevo dispuestos, siendo esto un ejemplo de economía circular. No obstante, y como se observa en la **Figura 17**, por una parte, cierta cantidad de los RAEE dispuestos en países desarrollados terminan en países con medio o bajos ingresos, por otra parte, este tipo de esquemas, en muchos casos, constituye una utopía, pues pocos países alrededor del mundo tienen establecidos programas eficientes de gestión de los RAEE. Incluso países de primer mundo como Australia aún están años atrás respecto a sus pares europeos en el manejo de este tipo de residuos. Adicionalmente, el precio de algunos de los componentes existentes en los RAEE es fluctuante con el tiempo y puede su extracción en algún momento no ser rentable.

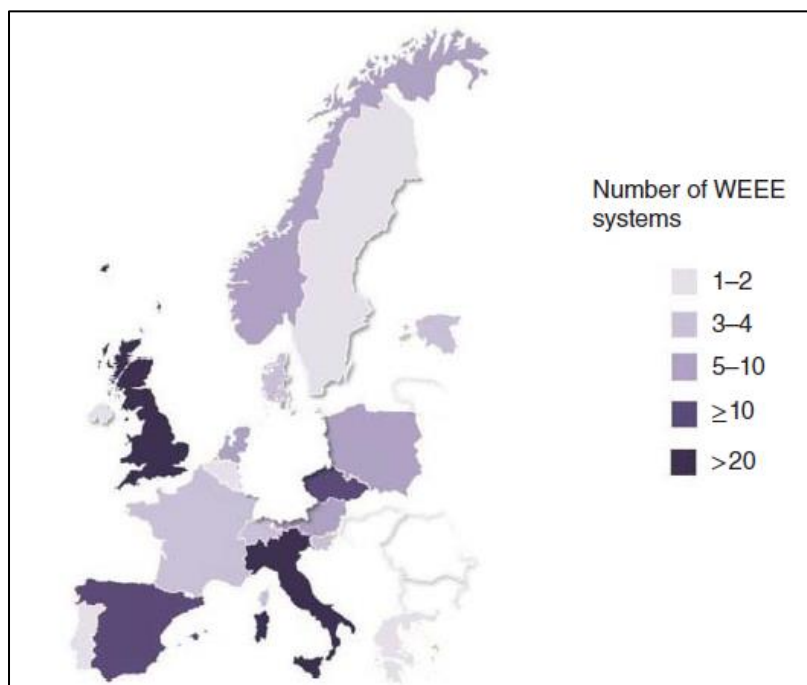
A pesar de esto, y precisamente por estas desventajas, a nivel mundial se está hablando del sistema Bo2 (*Best of two worlds*, por sus siglas en inglés). Este sistema busca darle mayor sostenibilidad a la gestión de los RAEE basados en que los países en desarrollo (ingresos bajos y medios) deben aprovechar los bajos costos de mano de obra para, de manera manual, llevar a cabo una primera separación. Luego, los productos separados de este proceso son exportados a países desarrollados (mayores ingresos) donde existe la tecnología y la infraestructura para, estos compuestos, someterlos a procesos de diferentes naturalezas que garanticen la obtención de los componentes de mayor valor (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 16).

Por esta razón, a continuación, se hará un acercamiento a los distintos modelos de gestión implementados a nivel internacional y de ellos adoptar, si es posible, elementos que puedan ser adaptados a la estrategia de mejora en el departamento del Quindío.

4.3.5.a Comunidad Europea. Si bien en la Unión Europea, Gran Bretaña y los países nórdicos (Noruega, Suecia, Dinamarca e Islandia), existen notables avances en la gestión de los RAEE, también es cierto que no existe un único modelo de gestión. Por ejemplo, Gran Bretaña tiene 44 modelos de gestión (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 17) y como se evidencia en la **Figura 18** esta no es una particularidad sino, por el contrario, parece ser una regla.

**Figura 18.**

*Sistemas de gestión de RAEE en Europa.*



**Nota.** Número de sistemas de gestión de RAEE en países de Europa. Tomado de *WEEE RECYCLING Research, Development, and Policies*. Chagnes A et al. 2016. (Chagnes A., 2016, pág. 17).

Particularmente para los países de Europa, y en general los países industrializados, la experiencia indica que un factor predominante en la gestión de los RAEE es la consciencia del público, pues allí, la separación de los residuos es una labor voluntaria de los ciudadanos, pero en países como India, Brasil y Colombia, la separación es una fuente de generación de recursos para muchas familias.

Asimismo, es muy importante recalcar que países como Suiza tienen una tasa de reciclaje de RAEE equivalente al 79% de los AEE puestos en el mercado durante los tres años anteriores (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 21). Según este mismo autor, allí el sistema está controlado por los productores -existen cuatro organizaciones - quienes se encargan de la recolección de los recursos, la logística y el licenciamiento y auditoria de los recicladores. En Suiza los consumidores pagan una tasa adicional cuando compran sus electrodomésticos, lo que les asegura que, al final de la vida útil del AEE, este sea gestionado por la empresa productora. Este tipo de modelo se replica tanto en Bélgica, Países Bajos y Francia que garantiza que ningún otro modelo de negocio entre al mercado y permite al gobierno regular de manera más sencilla la gestión de los RAEE (Chagnes A., 2016, pág. 6).

4.3.5.b Japón. Debido al rápido crecimiento industrial y tecnológico, Japón fue de los primeros países que comenzó con el reciclaje de RAEE. Con regulaciones establecidas en 1994 y 1998, Japón, entrando el sistema de las 3R's (reducir, reusar y reciclar), priorizó el desarrollo sostenible de su economía, incluyendo entre esto, el manejo de los residuos peligrosos, entre estos, los RAEE. (Khan, Inamuddin, & Asiri, 2020, pág. 44)

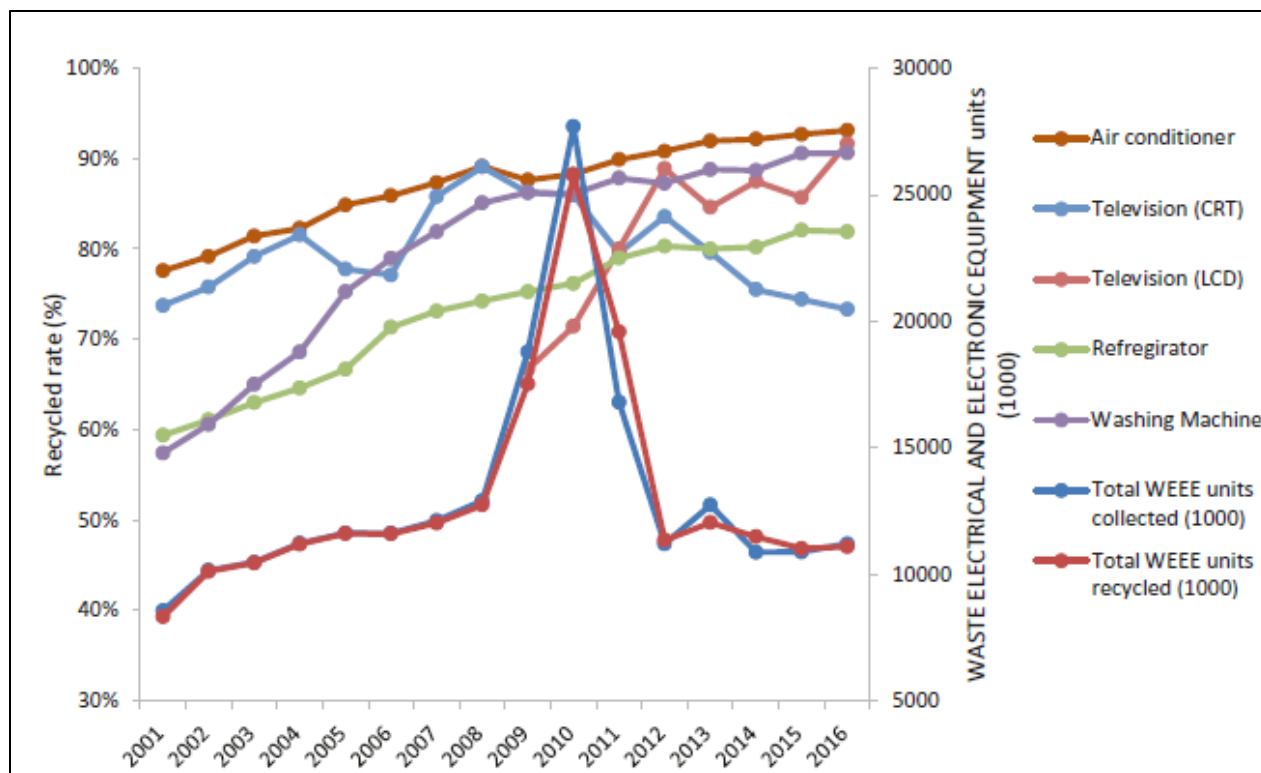
Si bien se estima que Japón recicla cerca de un cuarto de su producción de RAEE (Khan, Inamuddin, & Asiri, 2020, pág. 41) en Japón la clasificación manual es aún la base de la separación de los componentes, lo que según Holuszko et al. lleva a que se generen mayores costos de gestión, mayores tarifas para los usuarios, lo que lleva a una exportación fuera del esquema legal (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 22).

No obstante, Japón tiene una altísima tasa de reciclaje de RAEE tal como se puede ver en la **Figura 19**, alcanzándose tasas de más del 90% para los aires acondicionados.



**Figura 19.**

Porcentajes de RAEE reciclados en Japón.



**Nota.** Porcentaje de RAEE reciclados en Japón por tipo de electrodoméstico y total entre 2001 y 2016. Se observa que luego de un incremento en el número de unidades recicladas en 2010, este patrón disminuyó en los años subsecuentes, resultado de las políticas implementadas y de la consciencia de los usuarios frente a estas políticas. Tomado de *E-waste Recycling and Management. Present Scenarios and Environmental Issues*. Khan A et al. 2020 (Khan, Inamuddin, & Asiri, 2020, pág. 46).

4.3.5.c Brasil. Según Holuszko et al. Brasil aún está lejos de competir con los países desarrollados cuando de la gestión de RAEE se trata, pues, entre otras cosas, se estima que cerca del 18% de los brasileros arroja sus celulares junto con la basura ordinaria, además, muy pocos ciudadanos se toman en serio la labor de reciclar (Holuszko, Kumar, & Espinosa, 2022, pág. 23).

Por otra parte, es importante recalcar que, según Dias et al, la inversión requerida para la construcción de plantas de tratamiento de RAEE es elevada para las necesidades del país, además, citan estos autores que la industria de gestión de RAEE en Brasil se ha fortalecido en torno a la exportación de ciertos tipos de RAEE hacia países con mayor

infraestructura tecnológica que son capaces de extraer los componentes más valiosos (Dias P., 2022, pág. 23).

4.3.5.d Taiwán. Debido al pequeño tamaño territorial de la isla de Taiwán, la preocupación por el manejo de los recursos en general ha sido una preocupación latente de las autoridades. Las primeras iniciativas implementadas en la isla, surgieron en el año de 1997, en el cual la EPAT -Environmental Protection Administration of Taiwan, por sus siglas en inglés- estableció un sistema denominado Programa de reciclaje 4 en 1. (United States Environmental Protection Agency., 2012, pág. 7)

En términos generales, el sistema cuatro en uno está basado en cuatro roles: (i) la comunidad, (ii) los recicladores o recolectores, (iii) las entidades gubernamentales locales y (iv) un fondo de reciclaje, administrado y supervisado por las entidades nacionales competentes y constituido a partir de tarifas cobradas a los productores e importadores de RAEE. Un esquema de este sistema de recolección se puede observar en la **Figura 20**.

Para este sistema los roles de cada una de las partes son las siguientes (United States Environmental Protection Agency., 2012, pág. 8):

- Comunidad: deben entregar separados los residuos en unos centros de acopios dispuestos por las entidades gubernamentales;
- recolectores o recicladores: son los encargados de recoger los residuos, así como de la logística para llevar dichos residuos a los puntos de tratamiento autorizados;
- gobierno local: provee los mecanismos para garantizar la recolección por parte de las empresas gestoras. Asimismo, vende el material recolectado por los gestores y administra los fondos recibidos de esta actividad, direccionando un pequeño rubro para la gestión local de los RAEE;

- Fondo de reciclaje: Administrado por el *Recycling Fund Management Board* es financiado por productores e importadores de AEE. Adicionalmente, direcciona los recursos para la implementación de programas de reciclaje.

**Figura 20.**

*Modelo 4 en 1 implementado en Taiwán para la gestión de residuos.*



**Nota.** El modelo implementado en el país asiático involucra a todos los actores: comunidad, recolectores, productores e importadores, entidades gubernamentales y gobierno central Tomado de *Recycling and Waste Electrical and Electronic Equipment Management In Taiwan: A Case Study*. EPA. 2012 (United States Environmental Protection Agency., 2012, pág. 7).

Una de las fortalezas de este sistema es que, a través de la gestión gubernamental, por una parte, todos los actores conocen sus responsabilidades, por otra parte, las empresas encargadas de la recolección de RAEE deben estar registradas en las oficinas de

protección ambiental locales, asimismo, cumplir con los estándares establecidos por el EPAT. Otro ejemplo de la estrecha relación entre los distintos actores es que las regulaciones de la EPAT obligan, a partir del 01 de julio de 2010, que los vendedores provean sin costo el servicio de recolección de televisores, lavadoras, refrigeradores y aires acondicionados en el fin de su vida útil. Asimismo, los recolectores tienen máximo tres meses para dirigir los RAEE a los puntos de acopio autorizados. (United States Environmental Protection Agency., 2012, pág. 9)

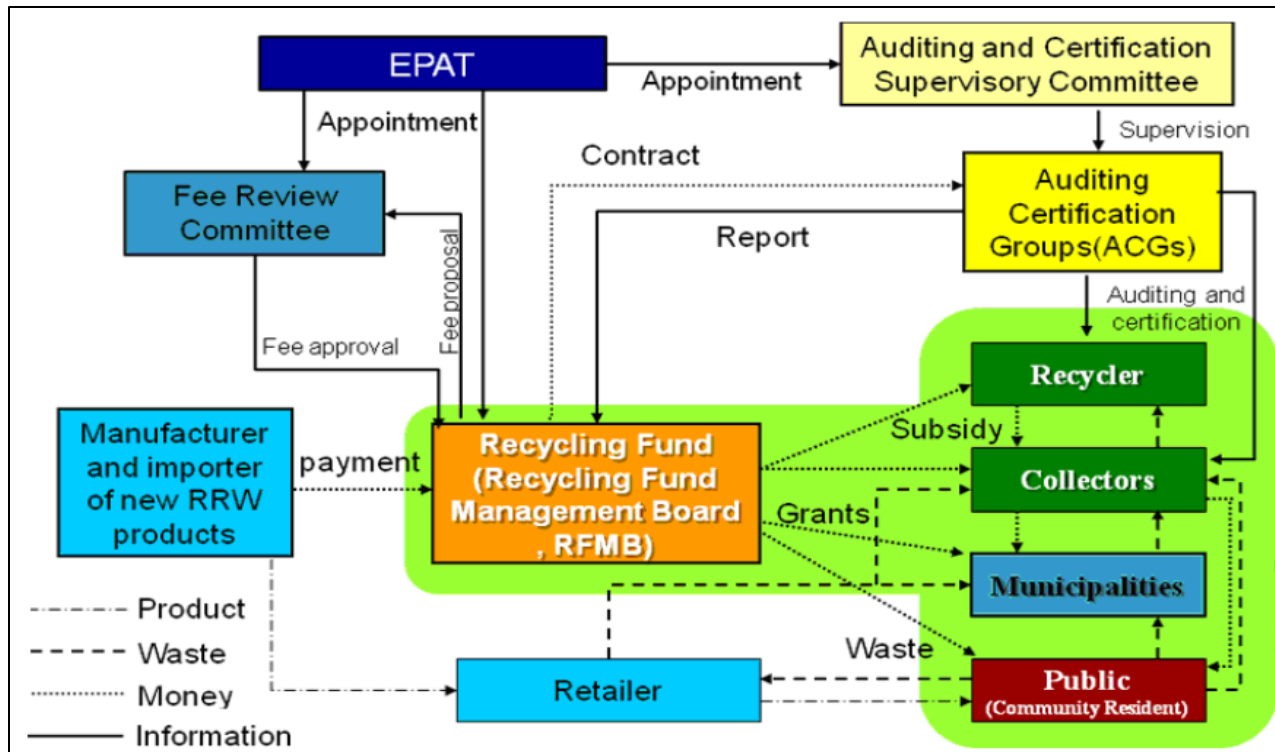
Por otra parte, el sistema de gestión taiwanés se apoya en un sistema burocrático robusto que garantiza entre muchas otras la gestión adecuada de los fondos y las buenas prácticas por parte de los recicladores y colectores. A continuación, en la **Figura 21**, se muestra cómo interactúan cada uno de los componentes del sistema de gestión taiwanés.

Por una parte, y tal como se mencionó con anterioridad, la base del sistema de recolección taiwanés es (i) los recolectores, (ii) los recicladores, (iii) el gobierno local y (iv) los consumidores. Adicionalmente, el sistema está soportado por los distribuidores - brindan mecanismos para facilitar la recolección de los RAEE-, los importadores y productores de AEE quienes deben pagar tasas que garanticen la operación del sistema de recolección, y el apoyo del EPAT, quien se encarga de supervisar y regular la operación de dicho sistema.

No obstante, a pesar de todos los aspectos positivos que ofrece el modelo taiwanés, a nivel Colombia, la presencia de tantos actores burocráticos podría limitar el alcance, así como el apropiado funcionamiento y gestión de los fondos de un programa similar.

**Figura 21.**

*Relación entre los distintos actores del sistema de gestión en Taiwán.*



**Nota.** El modelo de gestión de residuos implementado en Taiwán garantiza, por una parte, que exista control constante de cada una de las partes que hace parte del modelo, asimismo, centraliza la gestión del modelo y hace responsables a los productores de la gestión de los RAEE, maximizando la cantidad de residuos reciclados. Tomado de *Recycling and Waste Electrical and Electronic Equipment Management In Taiwan: A Case Study*. EPA. 2012. pág. 12.

#### **4.3.6 Sistema de recolección de RAEE en Colombia**

Si bien Colombia está lejos de tener un sistema con la robustez del existente en Suiza o Taiwán, ha dado pasos enormes con la emisión de la Ley 1672 de 2013 y del Decreto 284 de 2018 por cuanto los mismos se ocupan de regular la disposición de los recursos, así como de crear mecanismos jurídicos que garanticen dicha gestión por parte de cada uno de los actores, involucrando de manera activa a los productores, comercializadores, importadores y a la ciudadanía.

No obstante, en Colombia aún no es claro el horizonte respecto a la recuperación de los componentes valiosos de los RAEE, de la misma manera, muchas veces estos residuos terminan enterrados en tanques de concreto o en los rellenos sanitarios, y en el mejor de los casos, son recolectados por gestores que se encargan de separar algunos componentes y exportar los que contienen metales valiosos al exterior, principalmente Estados Unidos (Niño Abella, Bermudez Gómez, & Duque Daza, 2017, pág. 3).

Actualmente, no son pocas las organizaciones que están involucradas en las metas de emisión cero, así como de acompañar y hacer parte del esquema de recolección y aprovechamiento de los RAEE. A continuación, se presentarán algunas de estos modelos.

4.3.6.a Claro por Colombia. Implementada a partir de 2017, esta estrategia hace parte del programa de sostenibilidad de Claro Colombia para lograr cero emisiones de CO<sub>2</sub> a 2050 (Claro Colombia, 2021).

Fuentes oficiales del programa indicaron que, durante el primer cuatrimestre del año 2022, la empresa logró recolectar cerca de 1750000 equipos móviles en el fin de su vida útil. Esta recolección significó que se dejaron de emitir 602 t de CO<sub>2</sub> por la no compra de equipos nuevos y se dejaron de producir 343.93 t de RAEE (Red+, 2022).

4.3.6.b Red Verde. Red Verde es la primera iniciativa de posconsumo de electrodomésticos de Colombia y está apoyada por grandes empresas del sector como Haceb, LG, Electrolux, Mabe y Whirlpool.

Esta empresa, en nombre de los fabricantes ya mencionados, se encarga de la administración, operación y financiación del sistema de recolección de RAEE. Adicionalmente, gestiona proyectos estratégicos y de investigación, cuyo objetivo es encontrar estrategias de gestión y mitigación del impacto de los RAEE. (Red Verde, 2021)

Tal como se evidencia, existen, entre muchas otras estrategias robustas por parte del sector privado. Sin embargo, aún existe un desconocimiento por parte de la ciudadanía que aún se siente desinformada al respecto. Celulares en los botaderos, lámparas en las canecas públicas, entre otras, son imágenes de todos los días a nivel nacional, es por esto que la estrategia implementada en el presente trabajo puede ser extrapolada a otros departamentos. Por otra parte, dichas experiencias sirven para plantear un robusto análisis de resultados y procurar generar estrategias basadas en las opiniones que tiene la ciudadanía respecto a la gestión de los RAEE.

## 5 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Siendo que el enfoque de la presente investigación se canalizó a través de una encuesta y una matriz documental, tal como se detalla en el **Capítulo 1**, a continuación, se expondrán los resultados en estos dos frentes.

### 5.1 Resultados de la encuesta.

En primera instancia, se detallarán los resultados obtenidos de la encuesta llevada a cabo por medio de la herramienta Google Forms en el departamento del Quindío donde se encuestó a personas de la ciudad de Armenia y sus alrededores (Calarcá, Circasia, Filandia, Tebaida, Montenegro y Quimbaya).

Para futuras investigaciones que puedan surgir a partir del presente proyecto se consideró necesario expresar figuradamente dos parámetros que no hacían parte de los datos de salida previstos: género y rango de edad.

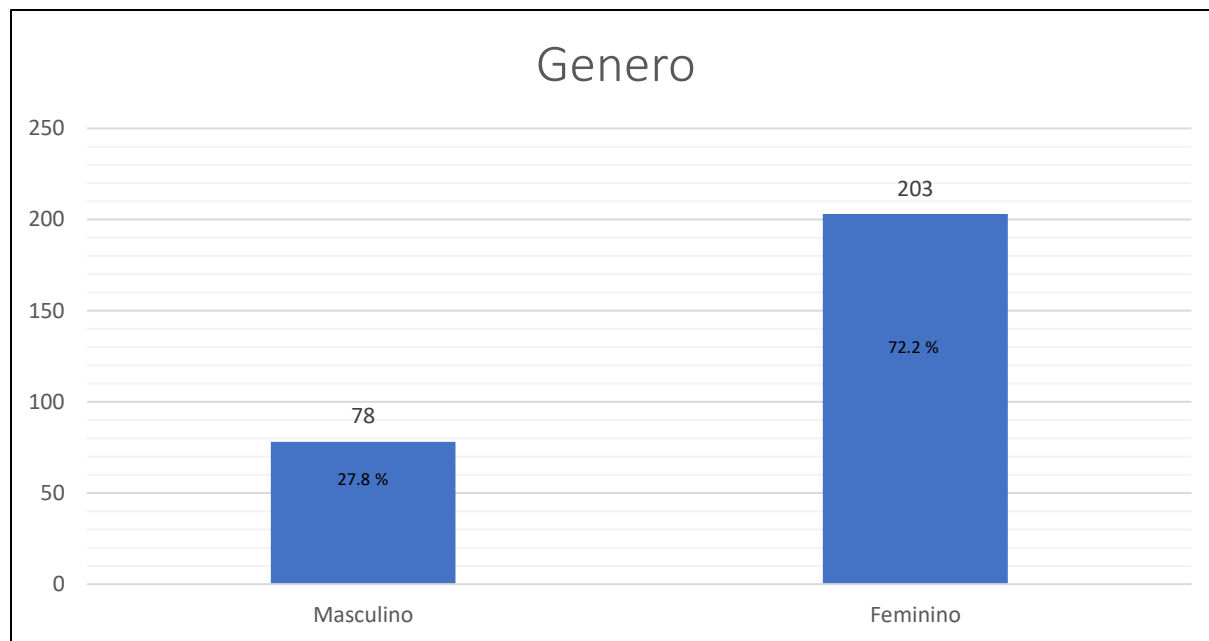
#### 5.1.1 *Genero de las personas encuestadas.*

Como se percibe en la **Figura 22**, 203 de las 281 personas encuestadas pertenecen al género femenino, es decir un 72.24% de los encuestados.



**Figura 22.**

*Genero de los encuestados en el departamento del Quindío.*



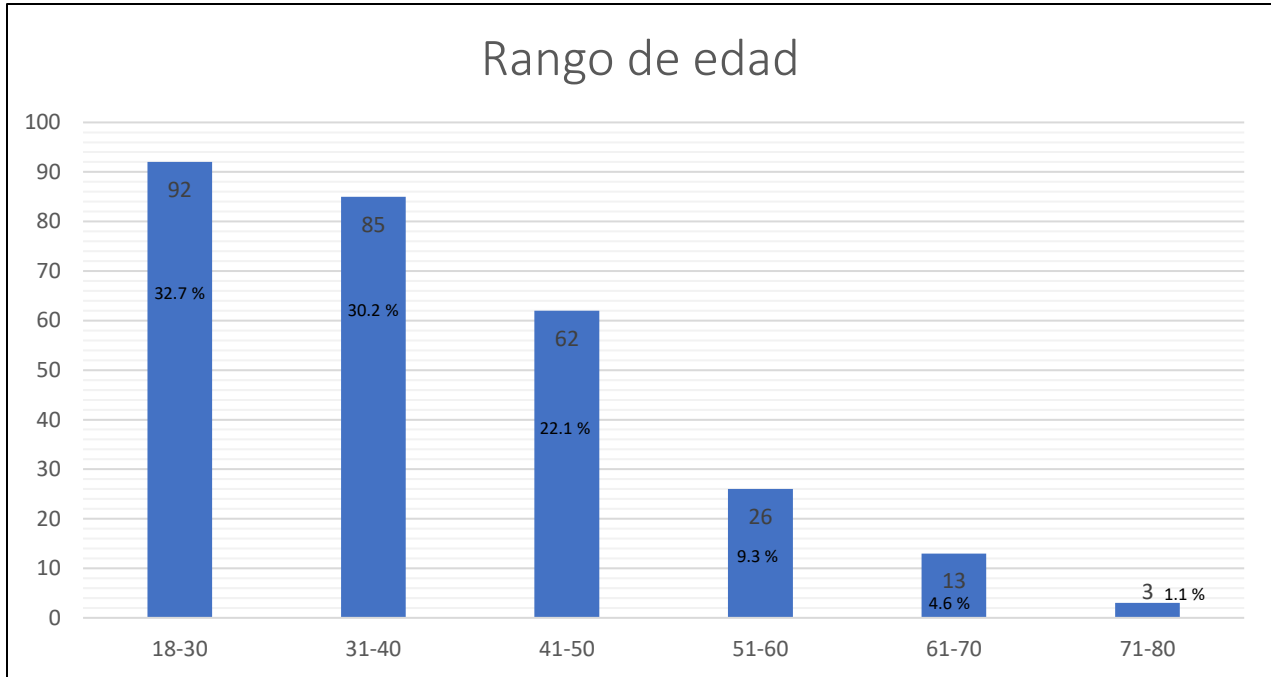
**Nota.** Cerca del 72% de los encuestados hace parte del género femenino.

### **5.1.2 Rango de edad.**

La encuesta se realizó a personas de diferentes rangos de edad comprendidos entre los 18 y 80 años. Obteniendo un mayor porcentaje de participación de personas cuya edad se encuentra entre 18 y 30 años con un 32.7% de contribución. Por otra parte, la población con menor influencia en esta encuesta fue la que se encontraba entre los 71 y 80 años con el 1.1%.

**Figura 23.**

*Rango de edad de los encuestados en el departamento del Quindío.*



**Nota.** El 85% de los encuestados se encuentra en el rango de los 18-50 años de edad. Es importante por otra parte comprender que, sin cifras oficiales, este rango es definitivamente el que consume mayor cantidad de artículos electrónicos, por lo que es de manera conceptual una medida de lo pertinentes que pueden ser las respuestas de la encuesta planteada de cara a la generación de estrategias.

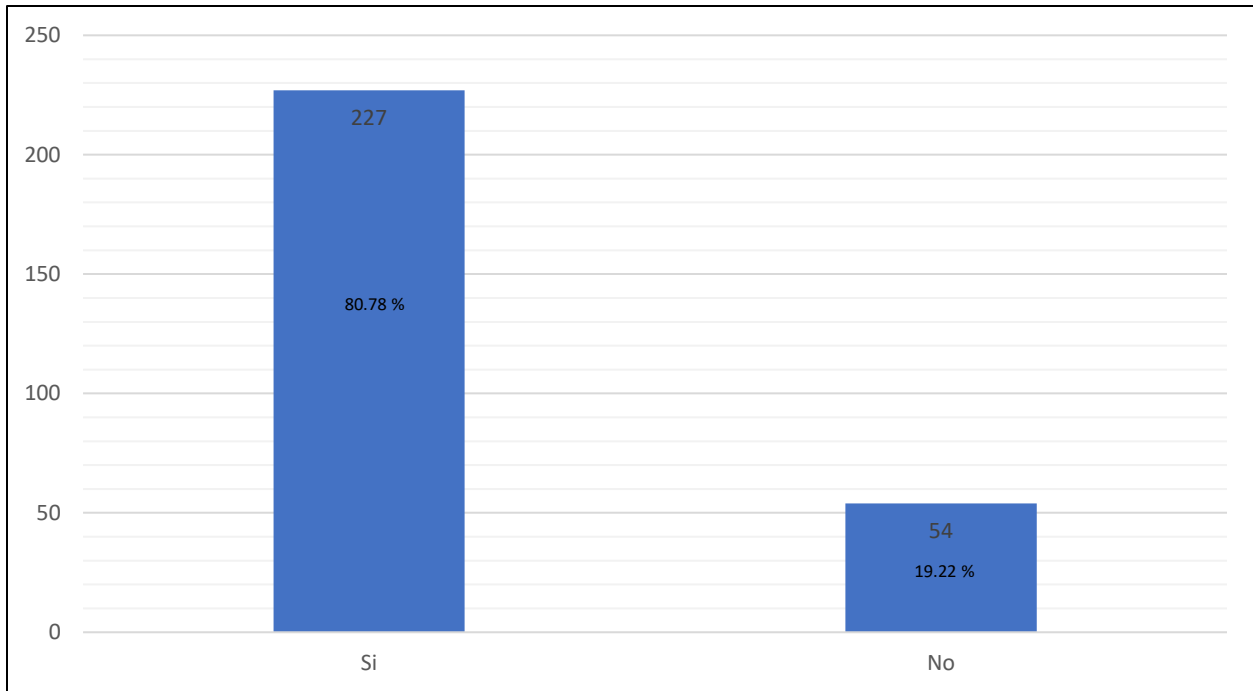
### **5.1.3 ¿Reconoce los Residuos Sólidos Peligrosos RAEE (Residuos Aparato Eléctrico y Electrónico)?**

A la pregunta de si reconoce los RAEE, como se evidencia en la **Figura 24**, Se encontró que dentro de la población encuestada hay un alto conocimiento respecto a los RAEE.

El 81% de las personas que participaron en el desarrollo de esta encuesta afirmaron reconocer Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).

**Figura 24.**

*¿Reconoce los Residuos Sólidos Peligrosos RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos)?*



**Nota.** La mayoría de las personas encuestadas reconocen los RAEE.

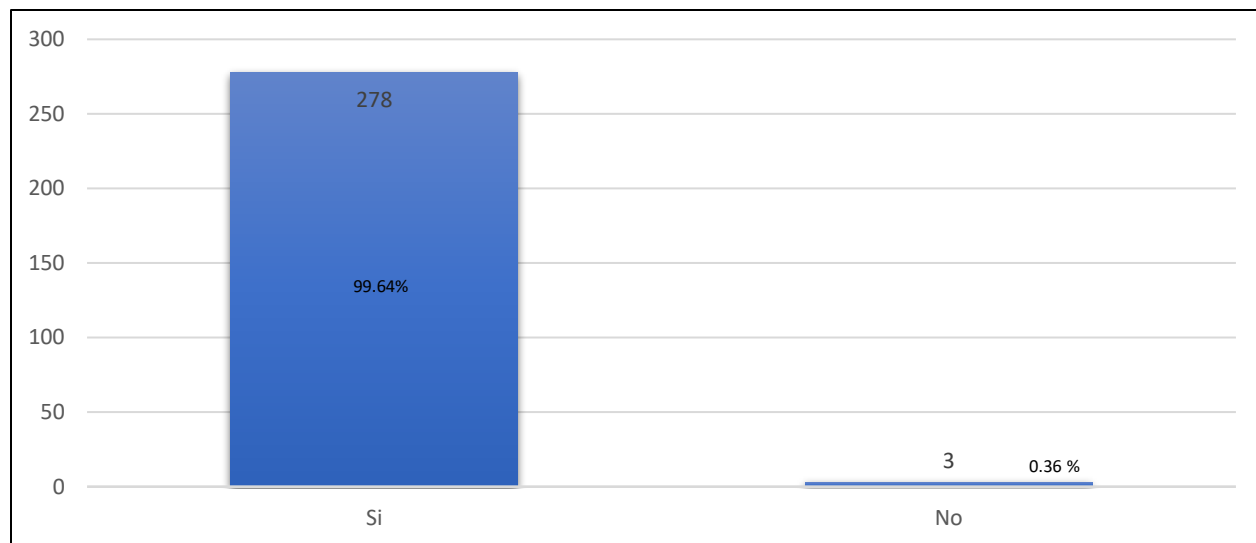
#### **5.1.4 ¿Utiliza Usted Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Computador, Impresora, Celular)?**

Como se observa en la **Figura 25** la gran mayoría utiliza Aparatos Eléctricos y Electrónicos ya que el 99.64% de la población encuestada afirmó hacer uso de los AEE.

En términos generales, los resultados arrojados por la encuesta, indican y verifican que casi la totalidad de la población tiene el potencial de generar RAEE. Dicho esto, es importante generar una estrategia que, mediante el medio estipulado, alcance a la totalidad de la población, lo que implica la participación, por una parte, de las entidades gubernamentales -alcaldías municipales, líderes comunitarios, medios de comunicación, entre otros-.

**Figura 25.**

*¿Utiliza Usted Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Computador, Impresora, Celular)?*



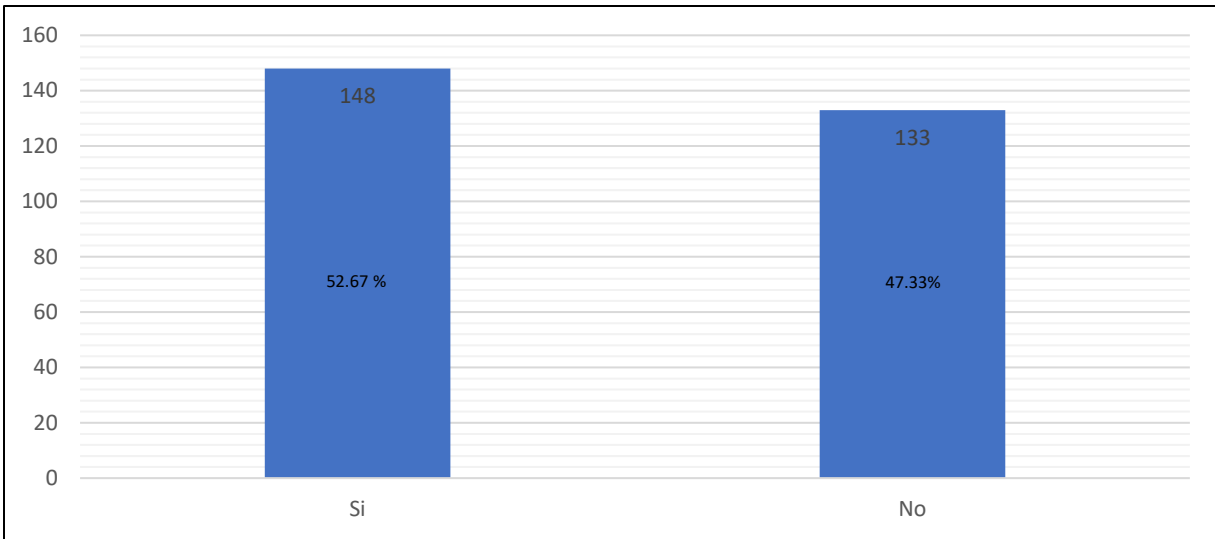
**Nota.** La mayoría de las personas encuestadas usan AEE.

### ***5.1.5 ¿Conserva y/o Tiene Usted en su Hogar RAEE?***

Esta pregunta tiene respuestas divididas, ya que con base en los resultados que se muestran a continuación, es posible percatarse que, a pesar de un alto grado de conciencia por parte de los quindianos respecto a los RAEE, gran parte de la población almacena estos residuos, posiblemente, sin conocer las consecuencias negativas que estos podrían tener en su estado de salud.

**Figura 26.**

*¿Conserva y/o Tiene Usted en su Hogar RAEE?*



**Nota.** La mayoría de las personas encuestadas almacenan RAEE, posiblemente, sin conocer las afectaciones que pueden generar en su salud.

### **5.1.6 ¿Deposita en sus Basuras Domésticas Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE?**

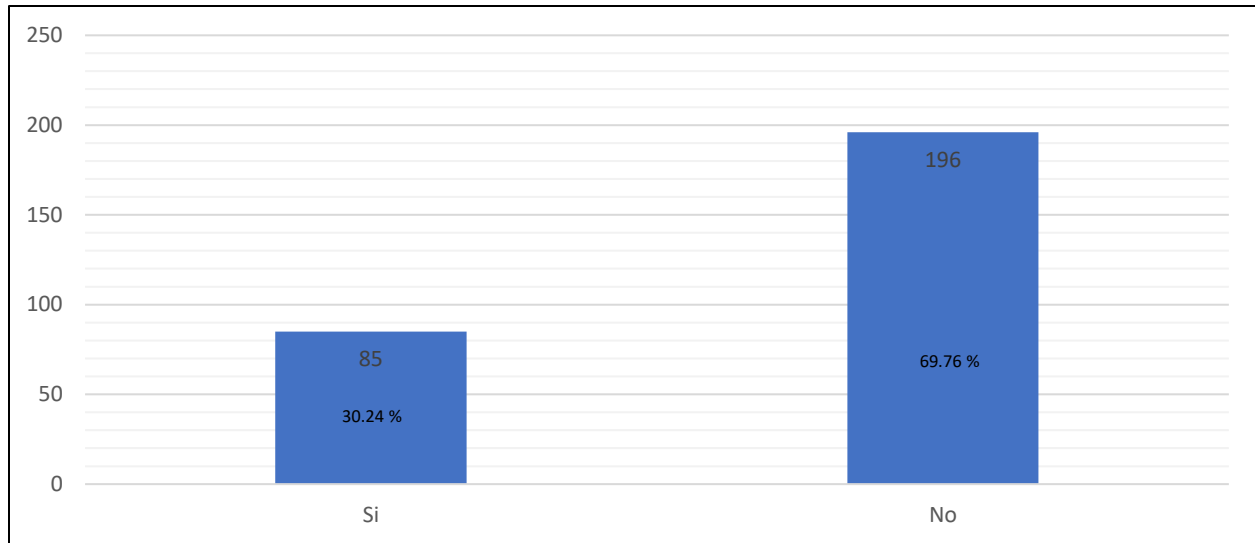
Tal como se evidencia en la **Figura 27** muchos quindianos aún arrojan sus RAEE con la basura ordinaria.

Sin embargo, es evidente que a nivel de los municipios objeto de la encuesta existe cierto grado de consciencia por parte de la ciudadanía, lo que podría facilitar la aceptación de cualquier tipo de metodología implementada para la recolección de RAEE. No obstante, es necesario preguntarse, ¿aquellos que no disponen los RAEE con la basura ordinaria, disponen de los RAEE con gestores autorizados?

Como resultado de la pregunta evaluada en el subíndice 4.1.5, es posible que no. Si bien, en la mayoría de los casos no se arroja los RAEE con la basura ordinaria, estos tampoco se disponen, cortando la cadena de reutilización de dichos recursos.

**Figura 27.**

*Deposita en sus Basuras Domésticas Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE.*



**Nota.** La mayoría de la población encuestada identifica que los RAEE no deben ser depositados con la basura ordinaria.

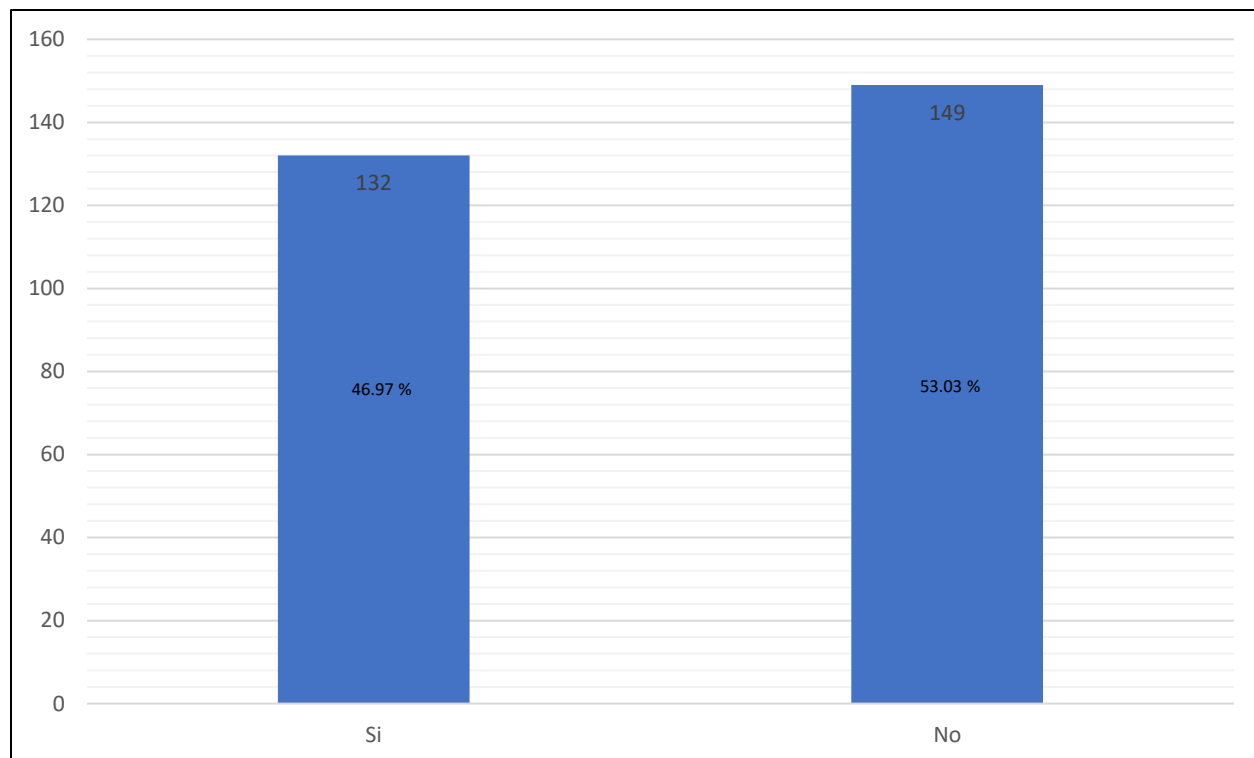
Para finalizar, el 30.24% de los encuestados (85 personas) aseguran haber depositado en sus basuras domesticas RAEE lo cual es producto de la falta de conocimiento de los impactos ambientales que estos pueden llegar a generar. Por el contrario, el 69,76% de las personas no depositan sus RAEE en sus basuras domésticas.

### ***5.1.7 ¿En su Hogar y/o Empresa ha entregado su RAEE a Cualquiera (PC - Pilas - Lámparas)?***

Tal como se evidencia en la **Figura 28**, más de la mitad de las personas encuestadas no ha entregado RAEE a ningún gestor autorizado. Esto, más que una sorpresa, confirma los resultados obtenidos a la pregunta del subíndice 4.1.5.

**Figura 28.**

*¿En su Hogar y/o Empresa ha entregado su RAEE a cualquiera (PC - Pilas - Lámparas)?*



**Nota.** Si bien la mayoría de la población encuestada es reacia a entregar los RAEE a cualquier persona – conociendo del valor remanente de los residuos- una gran parte no ve impedimentos en la entrega de los RAEE a gestores y/o recolectores.

El 46.97% de las personas encuestadas afirmaron haber entregado su RAEE a cualquiera sin tener certeza de que la(s) persona(s) que los reciben tengan el conocimiento para darle un destino final adecuado y seguro a los RAEE. El 53.03% de los encuestados negaron entregar su RAEE a cualquier persona, pero, ¿no entregarlos significa gestionarlos de manera adecuada?

Con base en preguntas anteriores, parece que no. En términos generales, la población no solo quindiana, sino colombiana, está sujeta a mantener en muchos casos AEE que con el tiempo se han convertido en RAEE pues no son usados ya sea por la obsolescencia de los mismos o porque simplemente no funcionan.

Tal como se ha venido enfatizando a lo largo de esta discusión de resultados, así como en el estado-del-arte del presente documento, la gestión de la ciudadanía es clave para

gestionar de manera adecuada los RAEE, por lo que, desde el gobierno central, más que las leyes existentes, es necesario promover medidas que incentiven a los ciudadanos a dejar en manos de expertos los RAEE, de manera que se fortalezcan las estrategias de gestión enfocadas en los RAEE y la sostenibilidad.

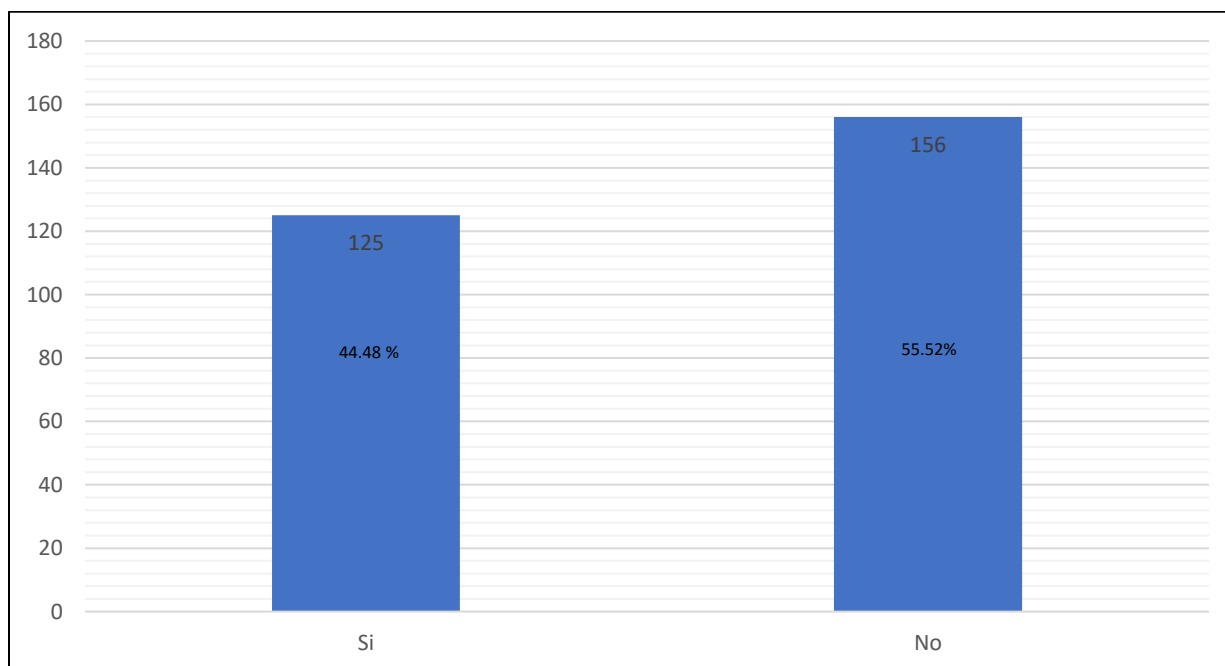
### 5.1.8 ¿Quiere Vender usted los RAEE que tiene actualmente?

Tal como se evidencia en la **Figura 29**, y a manera de refuerzo de las conclusiones desarrolladas en la pregunta anterior, los habitantes del departamento del Quindío, en su mayoría, no contemplan la venta de los RAEE que tienen almacenados en casa.

No obstante, como se observa en la **Figura 29** el 44.48% de las personas encuestadas manifiestan querer vender los RAEE que actualmente poseen, mientras que el 55.52% adicional niegan tener interés en vender los RAEE con los que cuentan.

**Figura 29.**

*Cantidad de ciudadanos que vendería sus RAEE.*



**Nota.** En conformidad con la respuesta 5.1.7, la mayoría de los ciudadanos tampoco entregaría los RAEE, aun así, es importante el número de ciudadanos que entiende que vendiendo los RAEE se tiene una mejor disposición.



Es importante, desde los resultados obtenidos a la pregunta del presente subíndice, preguntarse, ¿qué motivaría a la población a vender sus RAEE? Si bien la mayoría de personas no lo haría, un porcentaje no despreciable sí está dispuesta a hacerlo.

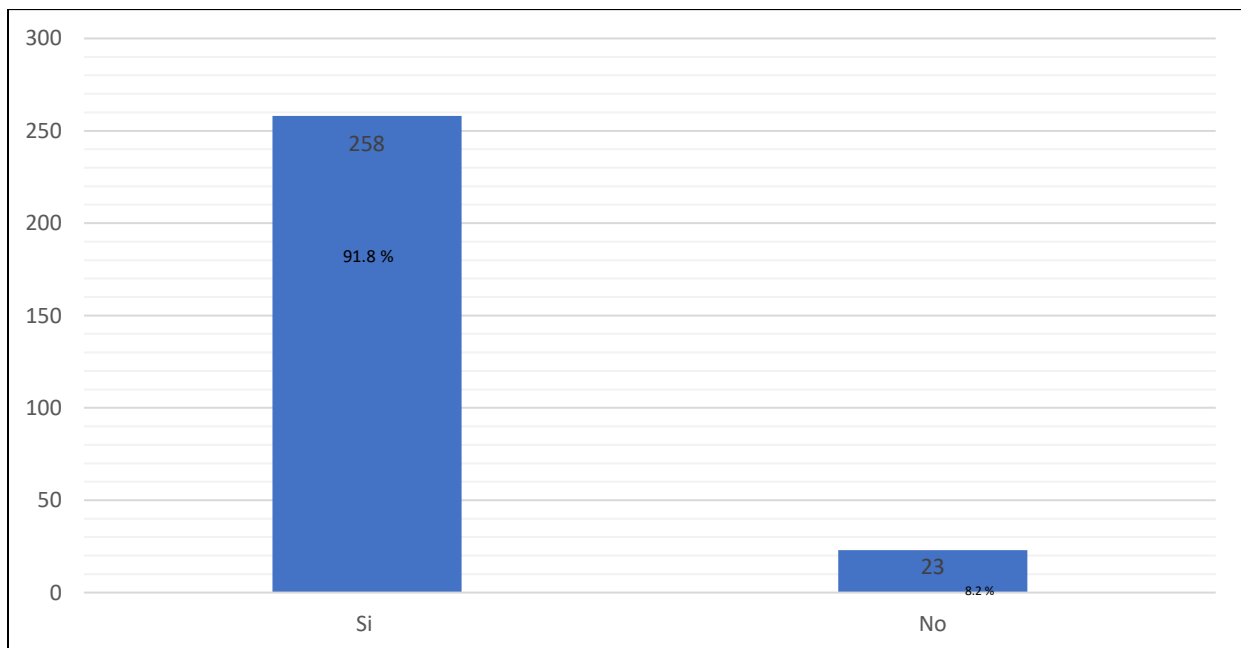
### 5.1.9 ¿Buscaría un Punto de Entrega RAEE cerca a su Casa y/o Empresa?

Como se puede observar en la **Figura 30**, más del 90% de los encuestados estaría dispuesto a llevar sus RAEE a un punto de entrega cerca a su casa o empresa.

De esta pregunta es importante comprender que los ciudadanos están dispuestos a llevar los RAEE a puntos de acopio autorizados, y reforzando con respuestas anteriores, están dispuestos a venderlos. Es esto señal que a nivel departamental puede haber carencias en dos aspectos: (i) infraestructura en torno a la gestión de los RAEE en los municipios del Quindío, y (ii) incentivos insuficientes por parte de las entidades departamentales y las empresas gestoras.

**Figura 30.**

*Personas que entregaría sus RAEE en puntos cercanos a sus viviendas o a sus empresas.*



**Nota.** Siempre y cuando el gestor sea una sociedad autorizada, los ciudadanos no ven problema en entregar sus RAEE en puntos de recolección.

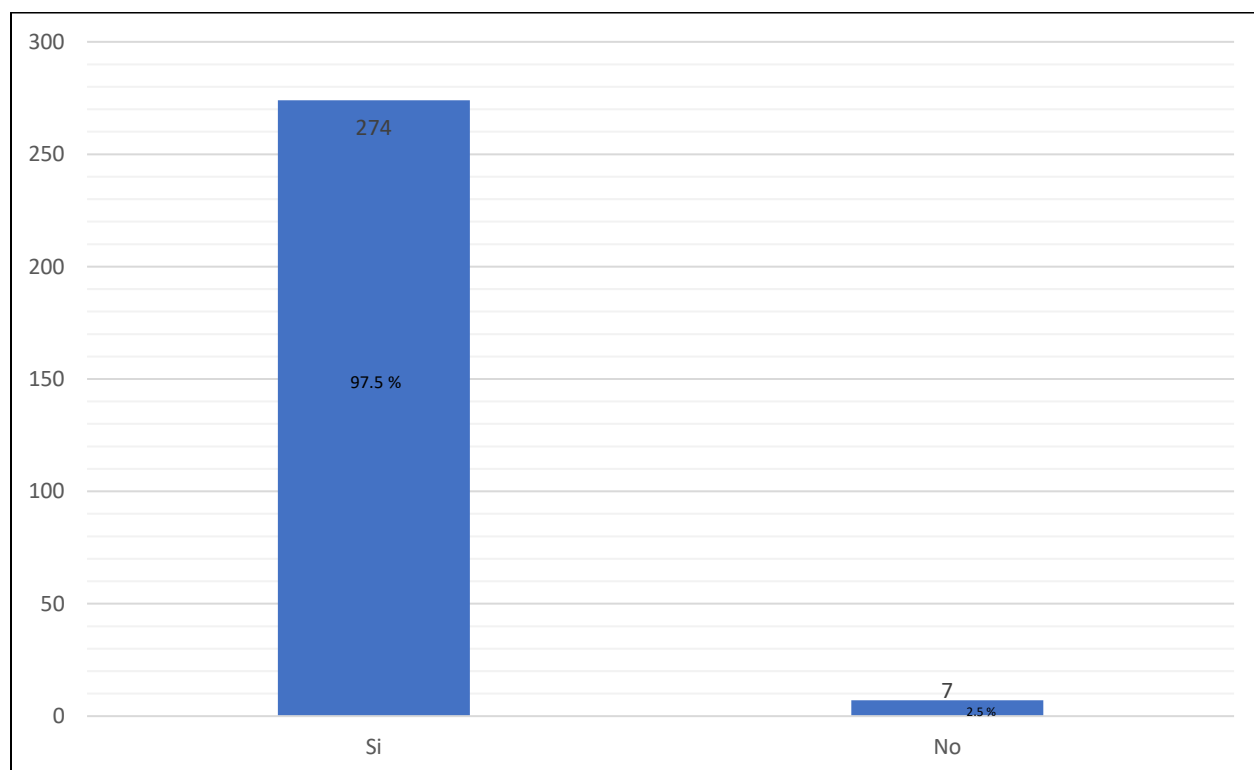
### 5.1.10 ¿Cree usted necesario hacer una jornada y/o campaña de recolección RAEE?

De la **Figura 31** se puede evidenciar que casi la totalidad de los encuestados apoyaría las jornadas de recolección de RAEE.

Ahora bien, si se analiza que la mayoría de los encuestados apoya las jornadas de recolección, llevar a puntos de acopio cercanos y entregar sus RAEE, esto pone en evidencia que la ciudadanía está presta a los programas de gestión de RAEE. No obstante, y a pesar de la regulación existente y los beneficios tributarios para las compañías gestoras de reciclaje, existe una ausencia de conexión, al menos notoria para el ciudadano, entre las empresas gestoras de reciclaje y las entidades departamentales.

**Figura 31.**

*Personas que ven necesario jornadas de recolección de RAEE.*



**Nota.** La mayoría de los ciudadanos considera importante crear jornadas de recolección promovidas por entidades públicas que faciliten la entrega de los RAEE. El autor. 2022.

Adicionalmente, se observa que el 97.5% de la población encuestada afirma que es necesario llevar a cabo una jornada y/o campaña de recolección de RAEE, el cual además de recoger los RAEE se prestaría para llevar a cabo una campaña de sensibilización general que posiblemente incrementaría el interés de la comunidad en el tema.

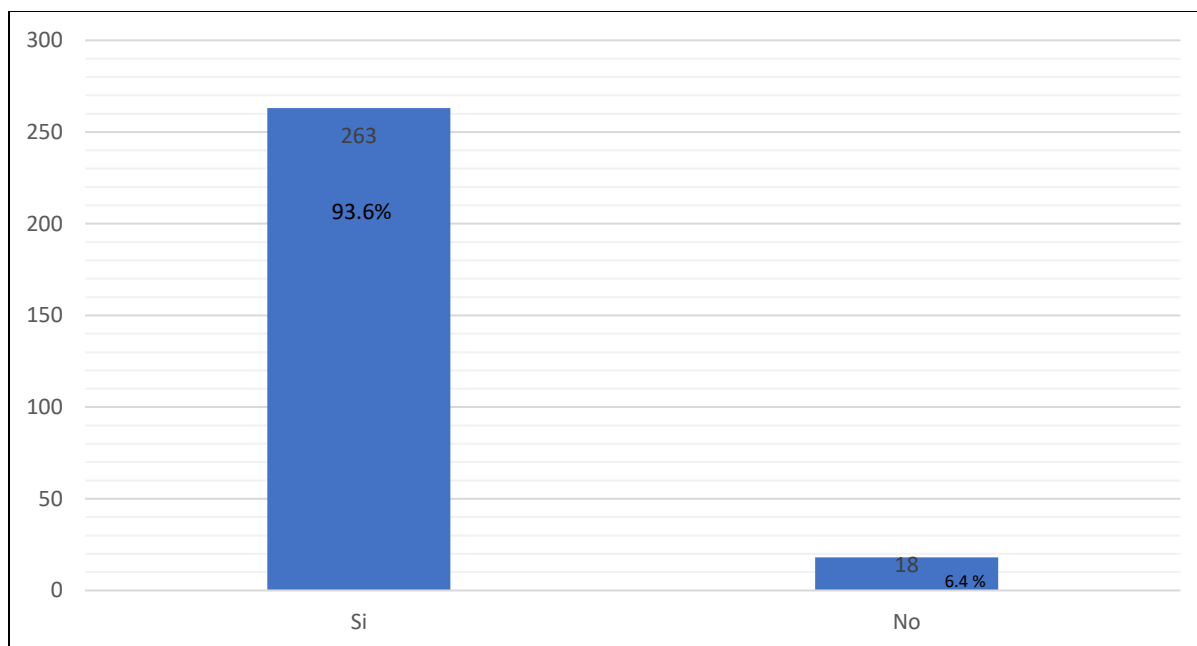
### 5.1.11 ¿Llamaría a una línea Celular y/o Call Center para que le recojan su RAEE?

Como se evidencia en la **Figura 32**, la población encuestada está dispuesta a comunicarse con un gestor para entregar los RAEE que tienen almacenados.

A través de esta pregunta se muestra de nuevo la disposición de la ciudadanía para entregar los RAEE que tienen en casa. 263 (93.6%) de las 281 personas encuestadas estarían dispuestas a comunicarse para solicitar un servicio especializado de recolección de RAEE y tan solo el 6.4% no lo harían.

**Figura 32.**

*Disposición de las personas encuestadas a entregar sus RAEE.*



**Nota.** Los ciudadanos se muestran prestos a entregar los RAEE siempre y cuando los canales de gestión sean autorizados por las entidades públicas.

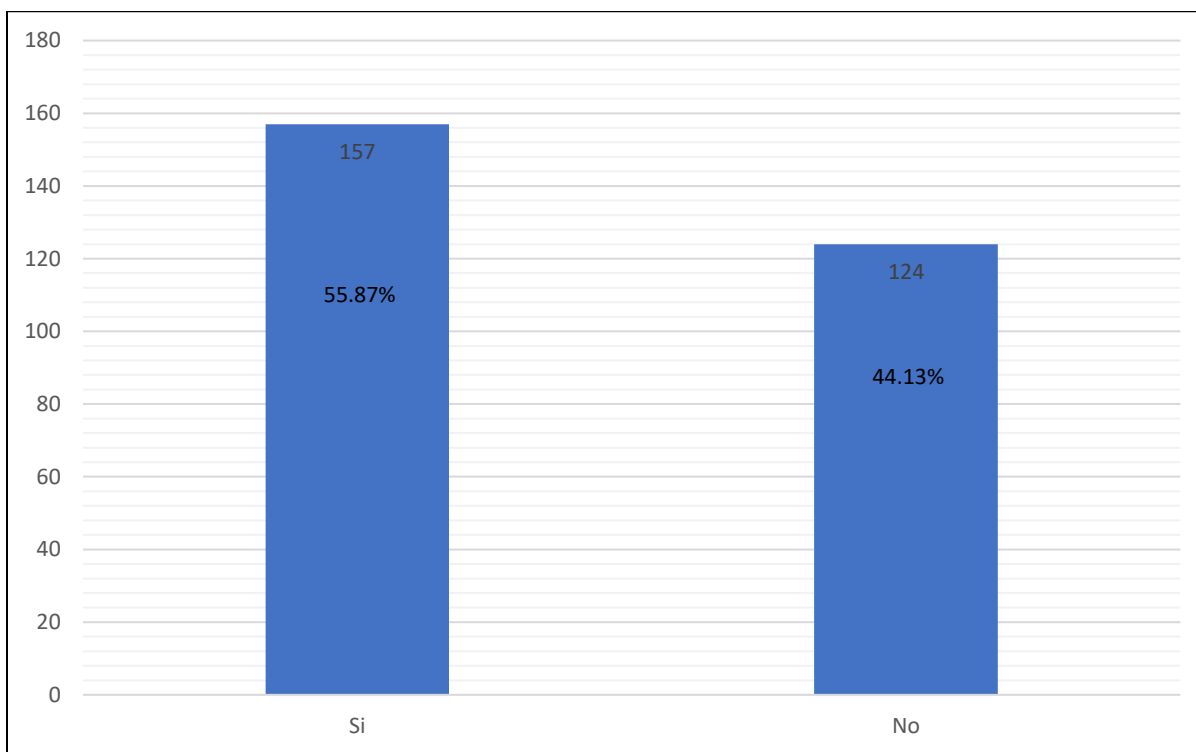
### 5.1.12 ¿Recibiría y/o Esperaría usted un Bono o Beneficio por entregar su RAEE?

Como se evidencia en la **Figura 33**, la población encuestada no espera recibir alguna especie de intercambio por los RAEE entregados.

Es importante notar que, si bien una parte importante de los ciudadanos no están esperando una bonificación por la recolección de sus RAEE, la mayoría, sí espera un tipo de beneficio. Como consecuencia, si se logran fortalecer los vínculos interinstitucionales, así como la estandarización de los precios de los RAEE, se podría llegar a aumentar la cantidad de RAEE recolectados por los gestores del departamento del Quindío.

**Figura 33.**

*Distribución de personas encuestadas que esperan o no un beneficio por la entrega de sus RAEE.*



**Nota.** La mayoría de la población encuestada ve necesario un incentivo económico a cambio de los RAEE, en respuesta y en concordancia a respuestas de preguntas anteriores. Esto evidencia la necesidad de trabajar en programas que consideren un intercambio de RAEE's por beneficios. El autor. 2022.

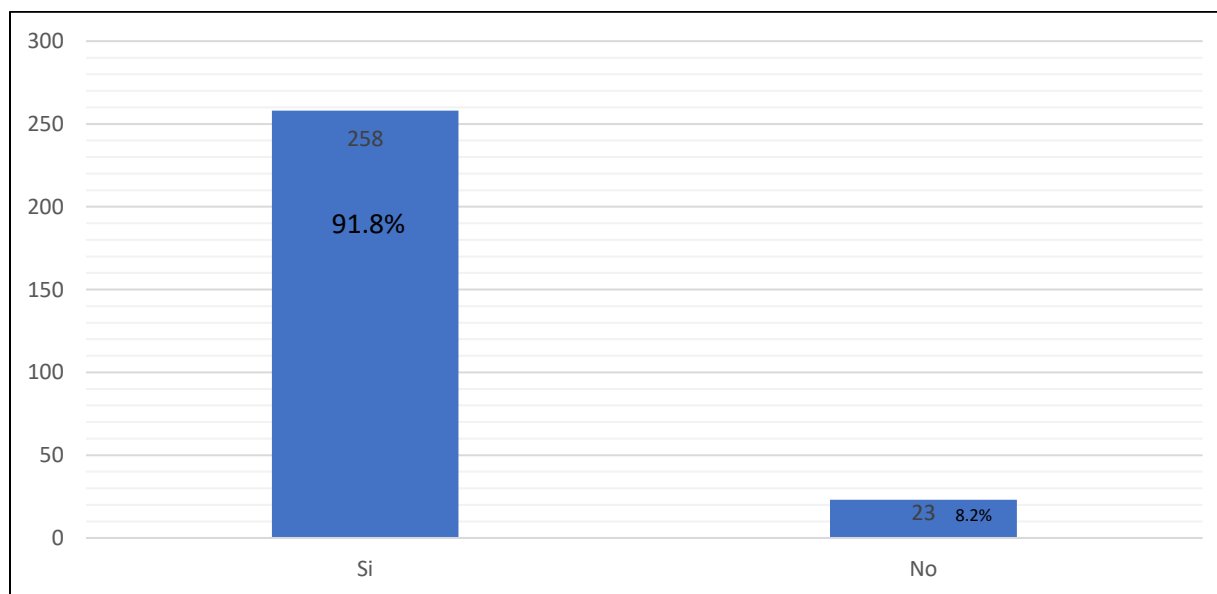
### 5.1.13 ¿Solicitaría el Servicio a una Empresa Especializada de Recolección RAEE?

A partir de la **Figura 34** se puede evidenciar una mayoría -algo más del 90% de los encuestados- está dispuesto a contactarse con una empresa especializada en la recolección de RAEE.

El hecho de que cerca del 92% de los encuestados esté dispuesta a contactar a una empresa gestora de RAEE pone en evidencia la buena actitud de la ciudadanía hacia las políticas de conservación y de gestión adecuada de residuos. Esto es señal, por una parte, de la confianza generalizada de la ciudadanía en las empresas de gestión de recursos, independientemente de la naturaleza de las mismas -privadas o públicas-, y, por otra parte, del desconocimiento existente por parte de los encuestados de las estrategias para la gestión de recursos. Puesto que, si bien facilitarían la entrega de RAEE, aún los mantienen en casa o en las áreas de trabajo.

**Figura 34.**

*Solicitaría el Servicio a una Empresa Especializada de Recolección RAEE.*



**Nota.** La mayoría de la población confía en la gestión de las entidades organizadas, sean estas públicas o privadas. En consecuencia, es importante generar mecanismos que permitan conectar estas organizaciones -ya existentes- con la ciudadanía.

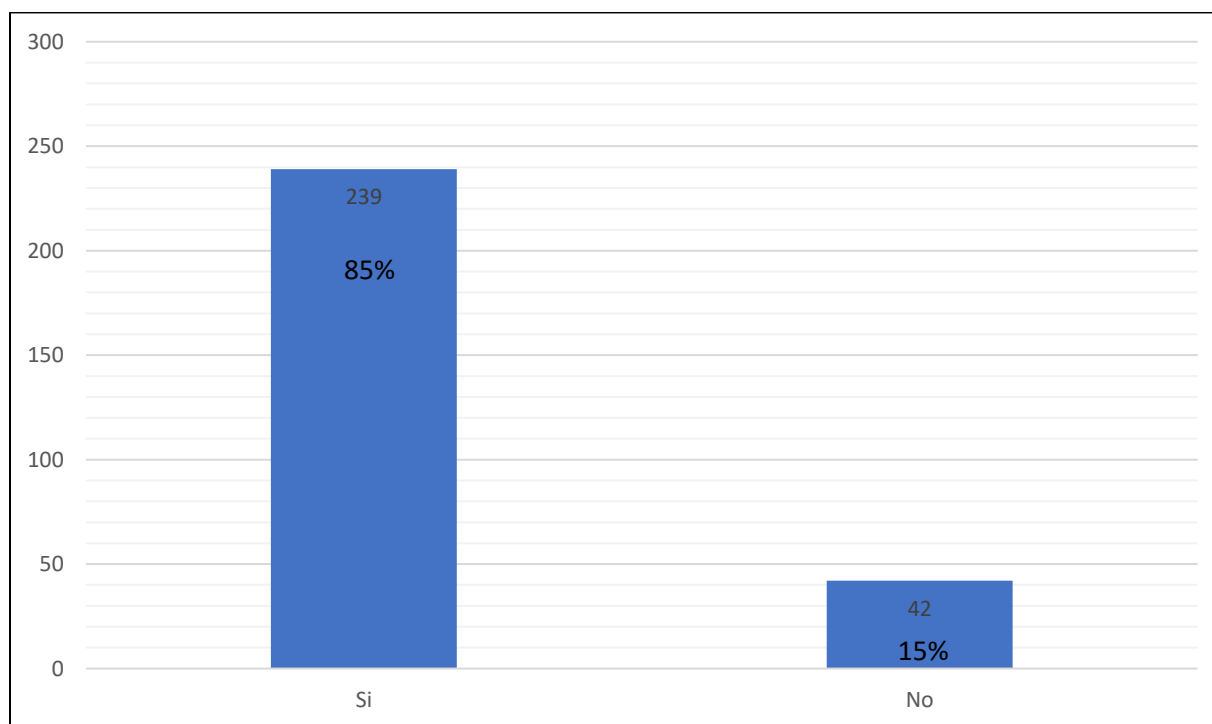
### 5.1.14 ¿Necesita más Información y Educación sobre los RAEE?

Para finalizar los resultados provenientes de la encuesta, en la **Figura 35** se pueden evidenciar y confirmar una idea capital para el adecuado funcionamiento de cualquier sistema de gestión de RAEE: el conocimiento de los ciudadanos acerca de los mismos, así como de los sistemas per se.

Como se observa en la **Figura 35** el 85% de las personas encuestadas considera que necesita más información respecto a los RAEE debido a falta de conocimiento y sensibilización en general frente al tema. Es importante que la comunidad se concientice de los impactos y beneficios que puede derivarse de la adecuada gestión o no de los RAEE tanto a nivel ambiental como sobre la salud humana.

**Figura 35.**

*Necesita más Información y Educación sobre los RAEE.*



**Nota.** Se observa la cantidad de personas que requieren más información sobre los RAEE

## 5.2 Matriz documental

A partir del marco legal, contextual y conceptual elaborado en el presente documento, se rescataron valiosos aportes por parte de otros autores y entidades, nacionales e internacionales que sirvieron para identificar: (i) problemáticas típicas asociadas a la disposición inadecuada de recursos RAEE, (ii) las perspectivas del Gobierno Nacional respecto a la gestión de los RAEE y las políticas que soportan estas perspectivas, (iii) tipos de procesos usados en la separación de RAEE, (iv) planes de gestión de RAEE en otros países del mundo y, (v) planes de gestión de RAEE a nivel nacional.

Los elementos previamente mencionados constituyeron la piedra angular de la creación, tanto de la estrategia para ampliar la cobertura de recolección, como del plan de fortalecimiento presentado a la Fundación Tesla. Dicha matriz documental puede observarse en el **Anexo 2**.

## 5.3 Estrategia para ampliar la cobertura de recolección de RAEE en el departamento del Quindío.

El primer resultado concluyente de la investigación adelantada es que, en general, la población del departamento del Quindío no es ajena al concepto de RAEE. De una u otra manera han logrado conseguir cierto grado de conocimiento en lo que a la materia respecta. Por otra parte, es evidente que tampoco se sienten con la suficiencia necesaria para poder tratar el tema con la responsabilidad que el mismo amerita, por lo cual consideran de primer orden capacitaciones adicionales al respecto.

Adicionalmente, se evidencia que, a pesar de esta falta de conocimiento sobre los RAEE y los sistemas de gestión que operan en el departamento, los ciudadanos se muestran prestos a recibir las políticas de recolección, sea está a cambio de dinero o algún otro beneficio, o sea por voluntad individual. Es por esto mismo, y a partir del marco conceptual y contextual recopilado a lo largo del presente documento que se recomienda adoptar la siguiente estrategia:

- fortalecer los canales de comunicación entre las entidades departamentales encargadas del control de la gestión de recursos, las empresas gestoras de RAEE y la ciudadanía;
- generar campañas de recolección de RAEE acompañadas por las entidades departamentales que lleven a los ciudadanos a identificar y empoderarse de las responsabilidades que tienen como eje central de la adecuada gestión de RAEE;
- inculcar, mediante campañas pedagógicas, en el colectivo ciudadano las buenas prácticas de gestión de RAEE;
- aprovechar la experiencia existente, tanto a nivel nacional, como departamental de campañas exitosas en lo que a la gestión de recursos se refiere para dar mayor alcance a las medidas de recolección de RAEE. Un ejemplo de campaña exitosa a nivel nacional es la implementada para concienciar a la ciudadanía de la importancia de separar los diferentes tipos de residuos;
- evaluar metodologías que permitan comprometer en mayor medida a los comercializadores de RAEE a nivel departamental en el desarrollo de campañas pedagógicas, campañas de recolección, entre otras. Esto, con el propósito de canalizar las fortalezas que tiene el sector privado a nivel comercial y enfocarlas en el aprendizaje por parte de la ciudadanía.

#### **5.4 Plan de fortalecimiento de la gestión de los RAEE por parte de la Fundación Tesla.**

De las respuestas de los encuestados resulta evidente que, por parte de Tesla el compromiso debe encausarse hacia los municipios del departamento donde aún no existe un sistema de gestión o en los que aún no opera como empresa gestora. Dado que, en la ciudad de Armenia y municipios como Calarcá, Circasia, Filandia, Montenegro



y Tebaida, aun cuando tienen disponible la logística de la Fundación Tesla, presentan altos niveles de desconocimiento por parte de la ciudadanía de cara a estas campañas de gestión.

Como primera medida para generar un plan de fortalecimiento, es importante atender las siguientes recomendaciones que surgieron del sondeo hecho en el departamento:

- la empresa aún no tiene presencia en municipios como Salento, Quimbaya y Génova lo que limita el alcance de cualquier metodología a implementar;
- la Fundación Tesla deberá invertir en generar conocimiento para la ciudadanía, pues aún son desconocidos por gran parte de la ciudadanía;
- es importante que la Fundación apele al derecho que tienen las personas a los servicios de aseo para acercarse a las entidades gubernamentales, generando estrategias que permitan;
- explorar mercados más allá a los existentes en el departamento del Quindío. Particularmente, este departamento no es el de mayor población, lo que puede poner al límite la capacidad logística de la fundación. Se hace necesario explorar municipios de departamentos vecinos como el Valle del Cauca, Risaralda, Tolima y Caldas;
- aprovechar su status de Fundación para gestionar recursos por parte de ONG 's o entidades especializadas en desarrollo sostenible, esto con el fin de patrocinar las medidas que permitan dar mayor alcance;
- establecer contactos con comercializadores de RAEE que permitan poner a la Fundación en el mapa de las entidades gestoras apoyadas por dichos actores.

A partir de las recomendaciones generadas anteriormente, se propone el plan de fortalecimiento desarrollado en la **Figura 36**.

Esta estrategia se apoya en cuatro actores fundamentales -teniendo en cuenta el éxito de la experiencia taiwanesa- las organizaciones no gubernamentales, las entidades gubernamentales, los comercializadores, recolectores y la ciudadanía. Cada uno de ellos tiene responsabilidades -descritas claramente en la **Figura 36**- que buscan fortalecer los lazos entre estos actores, promoviendo el dialogo ciudadano y las relaciones interinstitucionales, que permitan la puesta en práctica de la legislación existente en Colombia. Es importante mencionar que dicho plan tiene como eje central la capacidad de la Fundación Tesla para interactuar con cada uno de los actores en función de las responsabilidades legales que tienen cada uno, por una parte y, por otra parte, las necesidades evidenciadas en la encuesta y la relación simbiótica que podría generarse entre comercializadores y organizaciones no gubernamentales.

Asimismo, y para mayor comprensión de los lectores, se elaboró un diagrama de flujo (Ver **Figura 37**) que permite visualizar y analizar la interacción entre cada uno de los actores claves de la gestión de RAEE. Esta estrategia considera cinco actores fundamentales: (i) gobierno, (ii) ciudadanía, (iii) ONG's, (iv) gestores y (v) comercializadores. Cada actor tiene un rol fundamental para el éxito de la propuesta de gestión de residuos. En primera medida, el gobierno debe liderar la puesta en marcha de cualquier sistema de gestión empezando por la creación de mecanismos de información y pedagogía al alcance de la ciudadanía, con el fin de fortalecer su conocimiento frente al tema y su aptitud frente al manejo de los RAEE, asimismo, es fundamental la creación de infraestructura para la gestión de residuos con el propósito de aumentar la capacidad técnica de los gestores y los recolectores lo que llevaría a una mayor recuperación materiales.

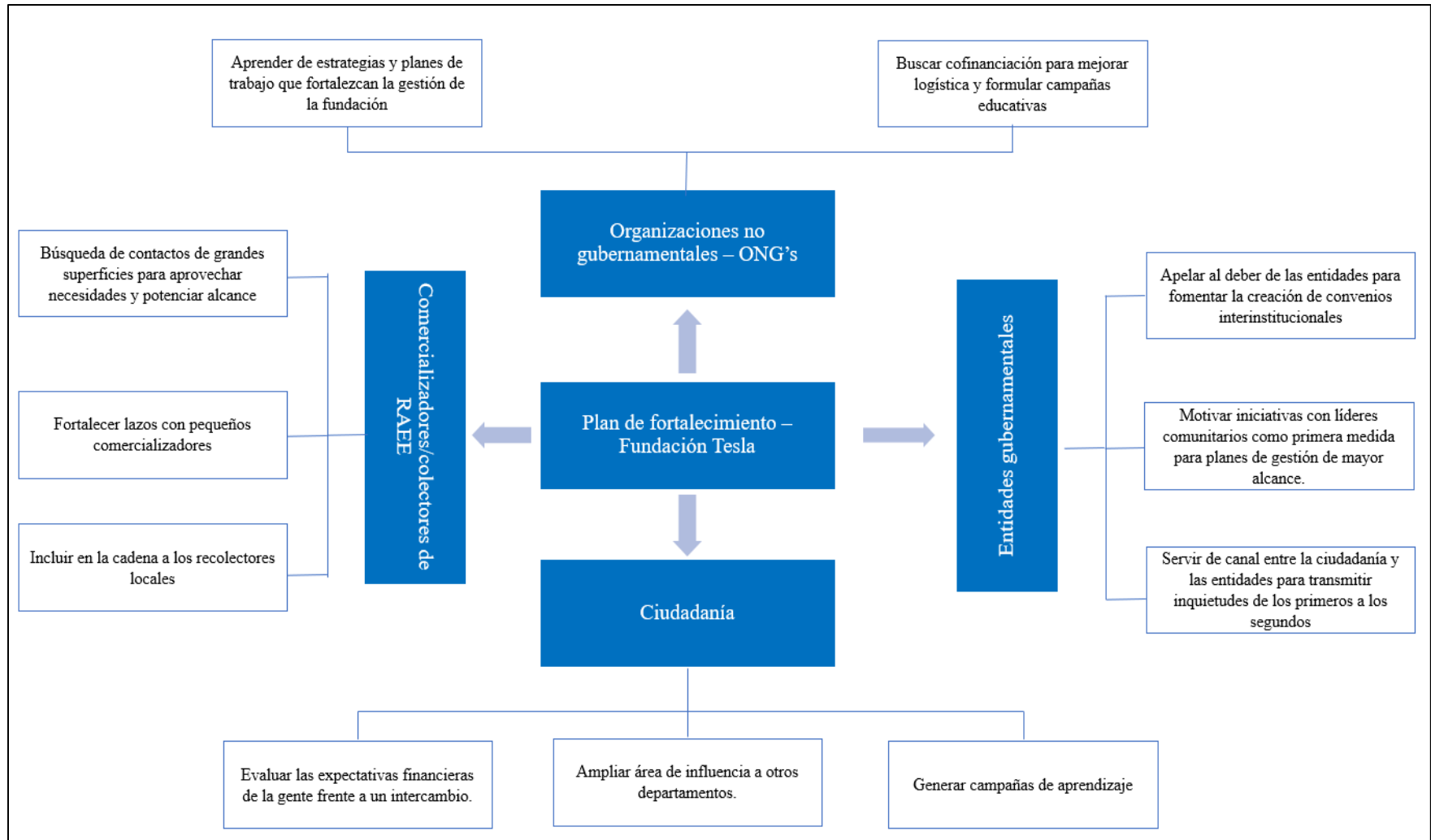
Por otra parte, los comercializadores deben trabajar conjuntamente con los gestores con el fin de fortalecer su capacidad logística y técnica, respectivamente, teniendo en cuenta el alcance e influencia de los gestores en la cadena de recolección de residuos y, por otra parte, la capacidad técnica de los comercializadores -almacenes de cadena, tiendas mayoristas y grandes superficies- para gestionar los residuos. Aunado al hecho, la

importancia de las entidades no gubernamentales en la comunicación a crear entre el gobierno, la ciudadanía y los comercializadores, siendo que, a pesar de la existencia de políticas, mecanismos e iniciativas, el desconocimiento de las mismas es evidente, al menos en lo que respecta al departamento del Quindío.

Finalmente, la ciudadanía tiene la responsabilidad de garantizar la adecuada separación de los residuos y, términos generales, comprometerse con las buenas prácticas de gestión de este tipo de residuos en el marco de la política GIRESPEL, esto, teniendo en cuenta que a partir del año 2022 la gestión de los RAEE debe abordarse desde esta.

**Figura 36.**

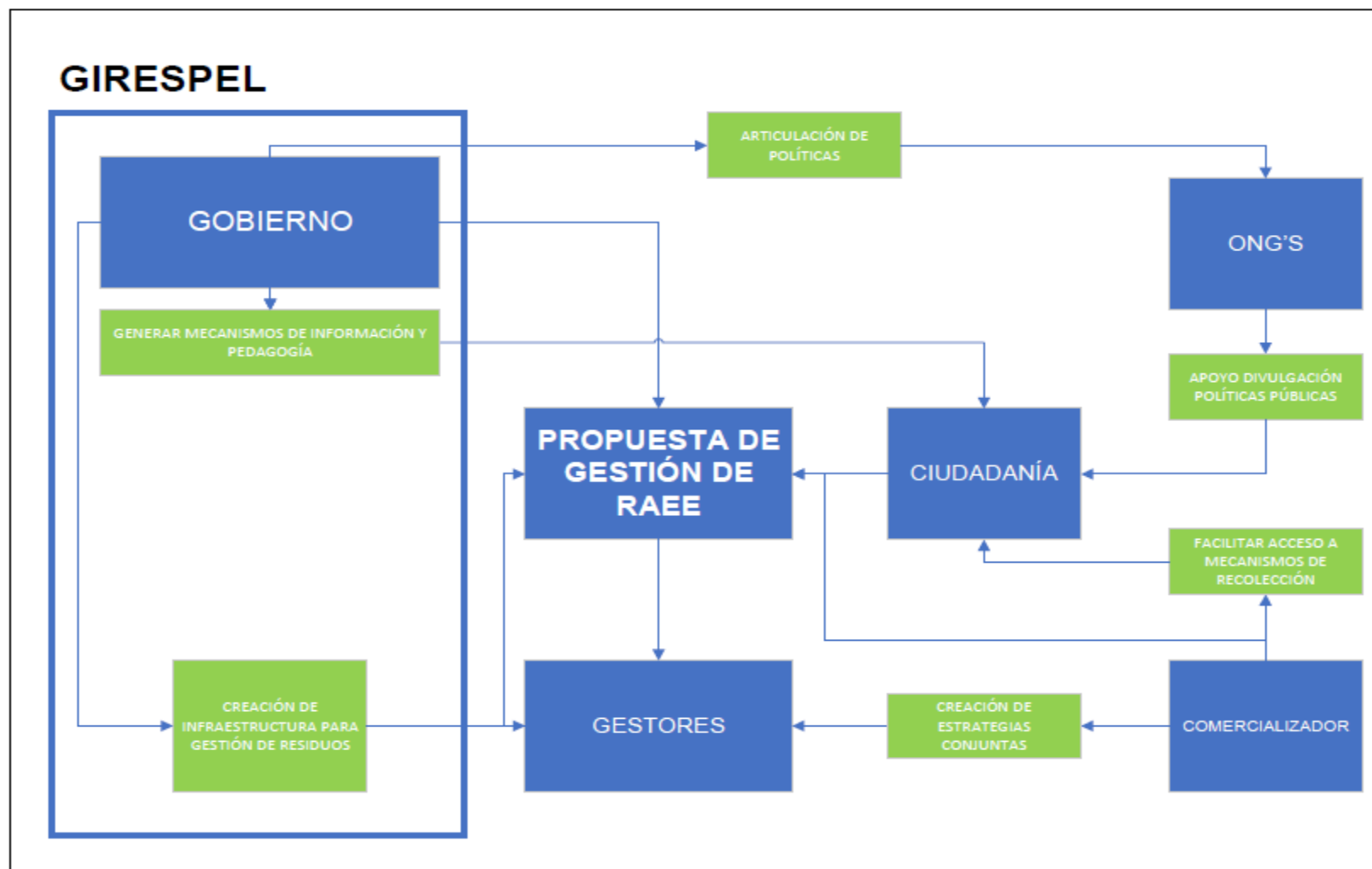
*Plan de fortalecimiento desarrollado para la Fundación Tesla.*



**Nota.** Representa el plan de fortalecimiento propuesto para la empresa gestora.

**Figura 37.**

*Diagrama de flujo sobre propuesta de gestión de residuos.*



**Nota.** Se observa el diagrama de flujo de la propuesta de gestión de residuos y el rol de cada uno de los actores involucrados. El autor. 2022

## 6 CONCLUSIONES

- En la actualidad, si bien se presenta una dinámica de cambio positiva en torno a la adecuada gestión de los RAEE en el departamento del Quindío, aún se evidencia ausencia de conocimiento por parte de la ciudadanía de la región y de control por parte de las entidades gubernamentales, ocasionando una gestión irresponsable que puede llegar a tener implicaciones adversas a nivel ambiental -contaminación atmosférica, contaminación de acuíferos y, no menos importante, afectación de la salud de los seres vivos.
- A partir de la revisión bibliográfica se observa que, sin importar el sistema de gestión de RAEE, estos tienen como figura central a la ciudadanía, a los recolectores y a las entidades gubernamentales. Por esta razón, se considera de suma importancia que cualquier sistema de gestión que se ponga en marcha permita la interacción activa entre dichas partes. En contraste, la falta de fortalecimiento de estos sistemas limita la capacidad de los estados para sacar provecho del potencial económico de los RAEE, además, los impactos colaterales de esta mala gestión generan sobre el ambiente y la salud humana.
- Se observa la importancia de generar estrategias interinstitucionales entre productores/comercializadores y gestores de RAEE. De esta manera, resulta evidente que se pueden maximizar la recolección de este tipo de residuos. Es importante el apoyo y la experiencia de las entidades no gubernamentales en la articulación de mecanismos y campañas informativas que acerquen a la comunidad a las políticas ambientales existentes. Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia que la nueva política GIREPEL es una respuesta del gobierno nacional ante una latente necesidad de involucrar y educar a los actores de la cadena de producción de RAEE, pues, por una parte, promueve la creación y fortalecimiento de la infraestructura dedicada a la gestión sostenible de estos residuos y por otra procura la mejora en los procesos de gestión de la información, educación, comunicación ambiental, participación y cultura ciudadana.
- Al formular un plan para el fortalecimiento de la gestión de los RAEE se fortalece los lazos entre los diferentes actores - las organizaciones no gubernamentales, las entidades gubernamentales, los comercializadores, recolectores y la ciudadanía – y se definen las responsabilidades de cada uno de los actores con el fin de maximizar el impacto del plan de gestión de RAEE.

## 7 RECOMENDACIONES

- Evaluar a nivel de proyectos piloto la implementación de estrategias de fortalecimiento de gestión de RAEE.
- Evaluar la viabilidad técnico-financiera de la puesta en marcha de plantas de tratamiento de RAEE basadas en los métodos explicados en el presente documento en distintas regiones del país.
- Generar estrategias a nivel comercial que permitan ampliar la cobertura de los sistemas de recolección de RAEE.
- Desarrollar estrategias de fortalecimiento en otras locaciones a nivel nacional.
- Evaluar la viabilidad técnico-financiera de un sistema de gestión de RAEE que no se limite a los límites departamentales, sino que implique la participación de regiones. Esto con el propósito de consolidar los volúmenes recolectados y facilitar la implementación de los métodos de tratamiento desarrollados en el presente documento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baldé , C., Wang , F., Kuehr , R., & Huisman , J. (2014). *The Global E-Waste Monitor*. Bonn, Alemania: United Nations University.
- Baldé C. P., F. V. (2017). *The Global E-Waste Monitor*. United Nations University.
- Basilea., S. d. (23. enero 2022). *Mobile Phone Partnership Initiative (MPPI)*. <http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/MPPI/Overview/tabid/3268/Default.aspx>
- Bejarano, S. P. (2019). In *PIGREC: Plataforma industrial en gestión del reciclaje y extracción de componentes electrónicos (RAEE)* (S. 15). Bogotá D.C.
- Chagnes A., C. G. (2016). *WEEE Recycling, Research, Development and Policies*. Amsterdam: Elsevier.
- Claro Colombia. (21. octubre 2021). *Claro por Colombia*. <https://www.claroporcolombia.com/la-apuesta-de-claro-colombia-para-ser-carbono-neutral-a-2050/>
- Ley 1672 de 2013. Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones. 19 de julio de 2013. D.O. No. 48.856
- Decreto 284 de 2018. Por medio del cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones. 15 de febrero de 2018.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- (2019). Boletín Técnico. Indicadores básicos de tenencia y uso de TIC por departamentos en hogares y personas de 5 y más años de edad. [Archivo en pdf]. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol\\_tic\\_hogares\\_departamental\\_2018.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol_tic_hogares_departamental_2018.pdf)



- Dias P., B. A. (2022). *e-Waste Management and Practices in Developed, and Developing Countries*. Weinheim: Wiley.
- Ecolec. (19. diciembre 2021). *Fundación Ecolec*. Fundación Ecolec: <https://www.ecolec.es/informacion-y-recursos/sobre-los-raee/>
- Fersitec. Proyectos y Tecnologías. (sin fecha). *Fersitec*. <https://fersitec.com/clasificacion-electrodomesticos-por-linea/>
- Forti, V., Baldé, C., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-Waste Monitor*.
- Fundación Nacional Contaminación Tecnológica TESLA. (2019). *Informe de gestión de residuos RAEE años 2017, 2018 y 2019*. Armenia.
- Fundación Nacional de Contaminación Tecnológica, Tesla. (2020). Protocolo Integral RAEE. [Archivo en pdf]. *Protocolo Integral RAEE*. Armenia.
- Global Enabling Sustainability Initiative. (24. enero 2022). *GeSI*. <https://gesi.org/>
- Goodship, V., & Stevels, A. (2012). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) Handbook*. Filadelfia: Woodhead Publishing Limited.
- Henao, M. C. (2017). La obsolescencia programada: tensión constitucional y abuso del derecho. *Aproximaciones jurídicas a la obsolescencia programada*, 43-114.
- Holuszko, M., Kumar, A., & Espinosa, D. C. (2022). *Electronic Waste. Recycling and Reprocessing for a Sustainable Future*. Weinheim, Alemania: Wiley.
- Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones. (19. 01 2022). *The Global e-waste Statistics Partnership*. en <https://globalewaste.org/>
- Interesting Engineering. (Septiembre 2020). *How e-waste is harming our world*. <https://www.youtube.com/watch?v=-uylzKlw0xY>
- Khan, A., Inamuddin, & Asiri, A. (2020). *E-waste Recycling and Management. Present Scenarios and Environmental Issues*. Cham, Suiza: Springer.

- L.F. Londoño, P. L., & Garcia, F. M. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
- Decreto 2811 de 1974 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 27 de enero de 1974. D.O. No. 34243.
- Ma., E. (2019). Recovery of waste printed circuit boards through. In *Electronic Waste Management and Treatment Technology* (S. 247-267). Butterworth-Heinemann: Elsevier.
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá D.C.: ECOE Ediciones.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política nacional para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17. Octubre 2021). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. En Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/residuos-de-aparato-electricos-y-electronicos-raee/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y Plan de Acción 2022-2030*. Bogotá D.C.
- Decreto 4741 de 2005. 'Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integra. 30 de diciembre de 2005. D.O.
- Resolución 1512 de 2010 [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones. 05 de agosto de 2010.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Bogotá D.C.

- Ministerio del Ambiente. (2014). *Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Lima.
- Moraga, P., & Durán, V. (2010). Guía de contenidos legales para la gestión de los Residuos Electrónicos. Santiago de Chile.
- Namias, J. (2013). *The Future of Electronic Waste Recycling in the United States: Obstacles and Domestic Solutions*. New York.
- Niño Abella, J., Bermudez Gómez, S., & Duque Daza, M. (2017). *Módulo para la gestión integral de RAEE (Residuos en Aparatos Eléctricos y Electrónicos) en la ARB (Asociación de Recicledores de Bogotá)*. Bogotá D.C.: ECCL.
- Obirikorang, K. A., ABAWIERA, C., Nkrumah, E. E., & Ansong, M. (2018). *Uneven Development: Urban and industrial growth and Its Environmental Implications for Rural and Urban Communities in Ghana*. Kumasi.
- Organización de las Naciones Unidas. (24. enero 2022). *Naciones Unidas*. Consultado el 05 de junio de 2022 en <https://www.un.org/millenniumgoals/>
- Parlamento y Consejo de la Unión Europea. (2012). Directiva 2012/19/UE.
- Pascuas Rengifo, Y., Correa Cruz, L., & Marlés Betancourt, C. (2020). Residuos electrónicos: análisis de las implicaciones socioambientales y alternativas frente al metabolismo urbano. *Ciencia, Docencia y Tecnología.*, 29(56), 242-252.
- Red Verde. (30. noviembre 2021). *Red Verde. Posconsumo de electrodomésticos*. <https://www.redverde.co/index.php/que-es-red-verde/quienes-somos>
- Red+. (06. junio 2022). *Redmas*. <https://redmas.com.co/w/claro-compromiso-empresa-carbono-neutra?redirect=%2Finicio&color=>
- Rönnskär, B. (07. abril 2022). *Boliden Rönnskär*. (Boliden Rönnskär) <https://www.boliden.com/operations/smelters/boliden-ronnskar>
- Secretariado de la Convención de Basilea. (24. enero 2022). *Convención de Basilea*. <http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/PACE/Overview/tabid/3243/Default.aspx>

Step. (23 de enero de 2022). *Step. Solving the e-waste problem*. Recuperado el 15 de junio de 2022, de [step-initiative.org/](http://step-initiative.org/)

Thiébaud E., H. L. (2017). Use, Storage, and Disposal of Electronic Equipment in Switzerland. *Environmental, Science & Technology*, 51(8), 4494-4502.

Triola, M. F. (2018). *Estadística*. México D.F.: Pearson.

United States Environmental Protection Agency. (2012). *Recycling and Waste Electrical and Electronic Equipment Management in Taiwan: A case study*,.

Wei, L. (2000). *Corrosion of refractories in lead smelting reactors*. Vancouver.

## GLOSARIO

**Aparatos eléctricos y electrónicos:** Todos los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir dichas corrientes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

**Aprovechamiento:** Es el proceso de recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos o desechos peligrosos, por medio de la recuperación, el reciclado o la regeneración. (Ministerio de Ambiente, 2005)

**Disposición final.** Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente. En todo caso, quedará prohibida la disposición de residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en rellenos sanitarios.

**Generador:** Cualquier persona natural o jurídica, cuya actividad implique la producción o comercialización residuos o desechos eléctricos y electrónicos; sin perjuicio de que recaigan en la misma persona las calidades de productor o comercializador.

**Gestor:** Persona natural o jurídica que presta en forma total o parcial los servicios de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), dentro del marco de la gestión integral y cumpliendo con los requerimientos de la normatividad vigente. El Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, implementará un Registro de aquellas personas naturales o jurídicas que presten los servicios definidos.

**Línea blanca:** La línea blanca se refiere a los electrodomésticos “convencionales” presentes en un hogar. Siendo esto, se incluyen: neveras, estufas, aires acondicionados, lavadoras, hornos, lavavajillas, entre otros. (Fersitec. Proyectos y Tecnologías., s.f.)

**Línea gris:** La línea gris se refiere a los equipos informáticos (computadores y sus periféricos) y los equipos de telecomunicación (teléfonos móviles, etc.). (Fersitec. Proyectos y Tecnologías., s.f.)

**Línea marrón:** La línea marrón comprende todos los equipos electrónicos de consumo destinados al entretenimiento como por ejemplo televisores, reproductores de video, consolas de videojuegos o equipos de sonido. (Fersitec. Proyectos y Tecnologías., s.f.)

**Metales pesados:** es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas (L.F. Londoño & Garcia, 2016)

**Obsolescencia programada:** expresión general utilizada con el fin de describir un conjunto de técnicas/aplicadas para reducir artificialmente la durabilidad de un bien manufacturado que estimule su reiterado consumo. (Henao, 2017)

**Productor:** Cualquier persona natural o jurídica que, con independencia de la técnica de venta utilizada, incluídas la venta a distancia o la electrónica:

**Reciclaje:** Es un proceso cuyo objetivo es convertir en desechos en nuevos productos o materia para su posterior utilización (Bejarano, 2019)

**Residuo:** Aquel que, al realizársele una prueba de lixiviación para características de toxicidad (Conocida como prueba TCLP), contiene uno o más de las sustancias, elementos o compuestos que se presentan en la siguiente Tabla en concentraciones

superiores a los niveles máximo permisibles en el lixiviado establecidos en dicho estándar.

**Sociedad de consumo:** Usuarios de los AEE.

## ANEXOS

1. Manejar una única portada el texto en mayúscula
2. Página a partir de la hoja de nota de aceptación en el pie de pagina de abajo en la fuente
3. En la hoja de tabla de contenido agregar la abreviatura página a la margen derecha; quitar el carácter de relleno (puntos); títulos de 3er orden aplicar sangría y cursiva
4. En la hoja de la lista de figuras agregar la abreviatura página a la margen derecha y quitar carácter de relleno (puntos)
5. Aplicar a todo el documento espaciado anterior -posterior a cero punto interlineado a 1.5cm
6. Espaciar entre párrafos y párrafos
7. Lo que son viñetas descriptivas o numericas van al margen izquierdo
8. En las citas colocar la página
9. En las viñetas en cuanto estén entre 3 renglones o mas separar
- 10 Completar la información en las notas
11. En la bibliografía completar la informaición de acuerdo al manual de estructuración institucional ver (nro 9.3.2)



## ANEXO 1.

### ENCUESTA Y TABLA USADA PARA FILTRAR LA INFORMACIÓN

PREGUNTA	# de encuestados	SI	% Afirmativo	NO	% Negativo
¿Reconoce los Residuos Sólidos Peligrosos RAEE (Residuos Aparato Eléctrico y Electrónico)?					
¿Utiliza Usted Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Computador, Impresora, Celular)?					
¿Conserva y/o Tiene Usted en su Hogar RAEE?					
¿Deposita en sus Basuras Domésticas Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE?					
¿En su Hogar y/o Empresa ha entregado su RAEE a Cualquiera (PC - Pilas - Lámparas)?					
¿Quiere Vender usted los RAEE que tiene actualmente?					
¿Buscaría un Punto de Entrega RAEE cerca a su Casa y/o Empresa?					
¿Cree usted necesario hacer una jornada y/o campaña de recolección RAEE?					
¿Llamaría a una línea Celular y/o Call Center para que le recojan su RAEE?					
¿Recibiría y/o Esperaría usted un Bono o Beneficio por entregar su RAEE?					
¿Solicitaría el Servicio a una Empresa Especializada de Recolección RAEE?					
¿Necesita más Información y Educación sobre los RAEE?					

## ANEXO 2.

### MATRIZ DOCUMENTAL DEL PROYECTO.

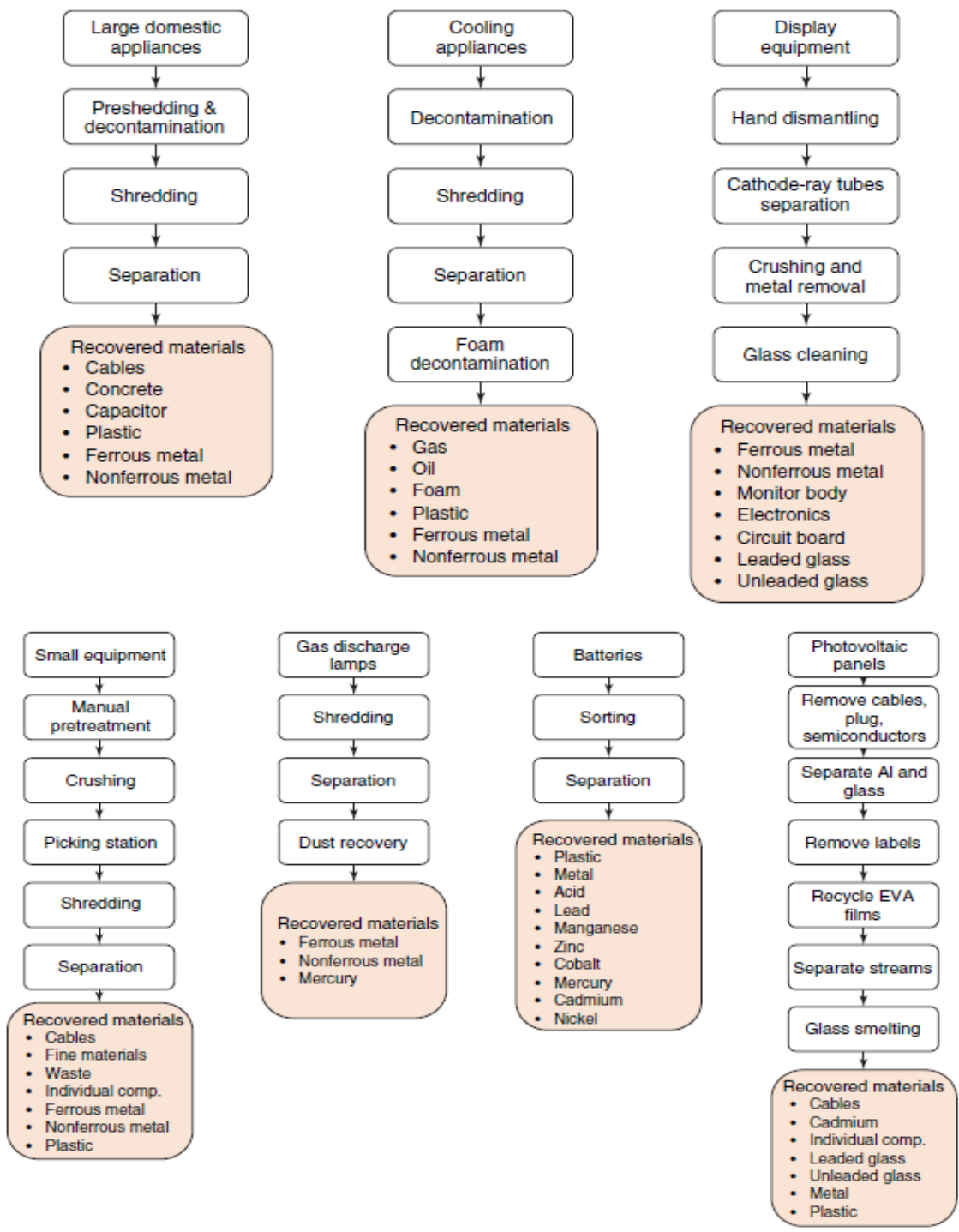
AÑO	REFERENCIA	UBICACIÓN	TIPO	APORTE
2017	M. C. Henao, „La obsolescencia programada: tensión constitucional y abuso del derecho,“ <i>Aproximaciones jurídicas a la obsolescencia programada</i> , pp. 43-114, 2017.	Biblioteca Universidad Externado	Libro	Conceptos de obsolescencia programada.
2019	S. P. Bejarano, in <i>PIGREC: PLATAFORMA INDUSTRIAL EN GESTION DEL RECICLAJE Y EXTRACCION DE COMPONENTES ELECTRONICOS (RAEE)</i> , Bogotá D.C., 2019, p. 15.	Biblioteca Universidad de América	Libro	Concepto de reciclaje
2017	F. V. G. V. K. R. S. P. Baldé C. P., „The Global E-Waste Monitor,“ United Nations University, 2017.	Biblioteca personal	Informe	Estadísticas del estado mundial de generación de RAEE, cantidades procesadas y cantidades de RAEE sin tratamiento
2014	W. F. K. R. H. J. Baldé C., „The Global E-Waste Monitor,“ United Nations University, Bonn, Alemania, 2014.	Biblioteca personal	Informe	Estadísticas del estado mundial de generación de RAEE, cantidades procesadas y cantidades de RAEE sin tratamiento
2019	DANE., „Boletín Técnico. Indicadores básicos de tenencia y uso de TIC por departamentos en hogares y personas de 5 y más años de edad,“ Bogotá D.C., 2019, pp. 1-37.	DANE	Informe	Estadísticas de AEE existentes en los hogares colombianos
2021	Fundación nacional contaminación tecnológica., „Tesla,“ Informe gestión residuos raee año 2017-2018-2019., 2019. [En línea]. [Consultado el 14 noviembre 2021].	<a href="https://www.teslaraee.com/">https://www.teslaraee.com/</a>	Página WEB	Estado actual de la gestión de RAEE en el departamento del Quindío.
2010	P. Moraga und V. Durán, Guía de contenidos legales para la gestión de los Residuos Electrónicos, Santiago de Chile, 2010.	Biblioteca personal	Informe	Efectos adversos sobre la salud humana de los metales pesados existentes en los RAEE
2012	C. Martínez Bencardino, Estadística y muestreo., Bogotá D.C.: ECOE Ediciones, 2012.	Biblioteca Nacional de Colombia	Libro	Formula matemática y método de cálculo de muestras a partir de una población global.
2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos., Bogotá D.C., 2010.	Biblioteca personal	Informe	Definición de RAEE según lineamientos del Ministerio de Ambiente
2012	Parlamento y Consejo de la Unión Europea, <i>Directiva 2012/19/UE</i> , 2012.	Biblioteca personal	Ley	Lineamientos de la Unión Europea de cara a la gestión de RAEE en los Estados miembro
2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, „Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos,“ Bogotá D.C., 2014.	Biblioteca personal	Informe	«todos los aparatos eléctricos y electrónicos, objetos o sustancias sobre los que hay, de hecho, intención u obligación de desprenderse»
2013	Congreso de la República, „Ley 1672 de 2013,“ Bogotá D.C., 2013.	Biblioteca personal	Ley	Corresponde a la Política Nacional de Gestión de RAEE. Es el punto de partida de los planes de gestión de RAEE a nivel nacional, definiendo actores y compromisos

AÑO	REFERENCIA	UBICACIÓN	TIPO	APORTE
2018	Congreso de la República, Decreto 284 de 2018, Bogotá D.C., 2018.	Biblioteca personal	Ley	Complemento de la Ley 1672 de 2013. Define responsabilidades puntuales de los actores que hacen parte de la gestión de RAEE.
2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 1512 de 2010, Bogotá D.C., 2010.	Biblioteca personal	Informe	Líneamientos puntuales del Ministerio de Ambiente respecto a la gestión de residuos de computación
1974	A. P. d. I. R. Lopez Michelsen, Decreto Ley 2811 de 1974, Bogotá D.E., 1974.	<a href="http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html">http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html</a>	Ley	Allí se dictan las disposiciones generales respecto a la gestión de los recursos naturales de la Nación
2022	I. d. I. N. U. p. F. P. e. Investigaciones, „The Global e-waste Statistics Partnership,“ [En línea]. Disponible: <a href="https://globalewaste.org/">https://globalewaste.org/</a> . [Consultado el 16 junio 2022].	<a href="https://globalewaste.org/">https://globalewaste.org/</a> .	Pagina WEB	Se presentan estadísticas globales respecto a cantidad de residuos generados y la existencia o ausencia de regulaciones
2022	Step, «Step. Solving the e-waste problem,» [En línea]. Disponible: <a href="http://step-initiative.org/">step-initiative.org/</a> . [Último acceso: 15 junio 2022].	<a href="http://step-initiative.org/">step-initiative.org/</a>	Pagina WEB	Se evidencia el estado de la iniciativa StEP. Esta iniciativa constituye un antecedente de los esfuerzos conjuntos entre ONG's, productores de RAEE y la academia.
2022	S. d. I. C. d. Basilea., „Mobile Phone Partnership Initiative (MPPI),“ [En línea]. Disponible: <a href="http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/MPPI/Overview/tabid/3268/Default.aspx">http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/MPPI/Overview/tabid/3268/Default.aspx</a> . [Consultado el 03 junio 2022].	<a href="http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/MPPI/Overview/tabid/3268/Default.aspx">http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/MPPI/Overview/tabid/3268/Default.aspx</a>	Pagina WEB	Alcance, antecedentes y estado actual de esta iniciativa MPPI, la cual incluye la participación de fabricantes de teléfonos, ONG's y academia.
2022	Secretariado de la Convención de Basilea, „Convención de Basilea,“ [En línea]. Disponible: <a href="http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/PACE/Overview/tabid/3243/Default.aspx">http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/PACE/Overview/tabid/3243/Default.aspx</a> . [Consultado el 2022 junio 27].	<a href="http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/PACE/Overview/tabid/3243/Default.aspx">http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Partnerships/PACE/Overview/tabid/3243/Default.aspx</a>	Pagina WEB	Antecedentes de la iniciativa PACE que desarrolla estrategias conjuntas para enrutar la gestión de RAEE derivados de equipos de computo
2022	Organización de las Naciones Unidas, „Naciones Unidas,“ [En línea]. Disponible: <a href="https://www.un.org/millenniumgoals/">https://www.un.org/millenniumgoals/</a> . [Consultado el 2022 junio 05].	<a href="https://www.un.org/millenniumgoals/">https://www.un.org/millenniumgoals/</a>	Pagina WEB	Se conocieron e interpretaron los objetivos del milenio definidos por la ONU frente al desarrollo sostenible.
2022	G. E. S. Initiative, „GeSI,“ [En línea]. Disponible: <a href="https://gesi.org/">https://gesi.org/</a> . [Consultado el 2022 junio 04].	<a href="https://gesi.org/">https://gesi.org/</a>	Pagina WEB	Iniciativa que surge a partir de los «Objetivos del Milenio» para promover prácticas de desarrollo sostenible en la industria de las telecomunicaciones.
2022	M. Holuszko, A. Kumar und D. C. R. Espinosa, Electronic Waste. Recycling and Reprocessing for a Sustainable Future, Weinheim, Alemania: Wiley, 2022, p. 15.	Biblioteca personal	Libro	Componentes clave como: - Estado de los sistemas de gestión a nivel mundial. - Estadísticas vigentes de RAEE a nivel mundial. -Componentes existentes en los RAEE. - Ciclo de vida de los RAEE. -Potencial económico de la adecuada gestión de RAEE. -Estrategias para la gestión de RAEE. -Tratamientos para clasificar y separar los RAEE.
2020	V. Forti, C. Baldé, R. Kuehr und G. Bel, „The Global E-Waste Monitor,“ 2020.	Biblioteca personal	Libro	Estadísticas del estado mundial de generación de RAEE, cantidades procesadas y cantidades de RAEE sin tratamiento
2017	H. L. S. M. F. M. Thiébaud E., „Use, Storage, and Disposal of Electronic Equipment in Switzerland,“ <i>Environmental, Science &amp; Technology</i> , Bd. 51, Nr. 8, pp. 4494-4502, 2017.	<a href="https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.6b06336">https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.6b06336</a>	Artículo	Datos puntuales acerca del sistema de gestión de RAEE en Suiza

AÑO	REFERENCIA	UBICACIÓN	TIPO	APORTE
2012	V. Goodship und A. Stevels, Waste electrical and electronic equipment (WEEE) Handbook, Filadelfia: Woodhead Publishing Limited, 2012.	Biblioteca personal	Libro	Componentes clave como: - Estado de los sistemas de gestión a nivel mundial. - Estadísticas vigentes de RAEE a nivel mundial. -Componentes existentes en los RAEE. - Ciclo de vida de los RAEE. -Potencial económico de la adecuada gestión de RAEE. -Estrategias para la gestión de RAEE. -Tratamientos para clasificar y separar los RAEE.
2016	C. G. E. C. N. M. R. T. Chagnes A., WEEE Recycling, Research, Development and Policies., Amsterdam: Elsevier., 2016.	Biblioteca personal	Libro	Componentes clave como: - Estado de los sistemas de gestión a nivel mundial. - Estadísticas vigentes de RAEE a nivel mundial. -Componentes existentes en los RAEE. - Ciclo de vida de los RAEE. -Potencial económico de la adecuada gestión de RAEE. -Estrategias para la gestión de RAEE. -Tratamientos para clasificar y separar los RAEE.
2013	J. Namias, The Future of Electronic Waste Recycling in the United States: Obstacles and Domestic Solutions, New York, 2013.	Biblioteca personal	Trabajo de Grado	Acercamiento a métodos de procesamiento de RAEE en los Estados Unidos.
2019	E. Ma., „Recovery of waste printed circuit boards through pyrometallurgical processing,“ in <i>Electronic Waste Management and Treatment Technology</i> , Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2019, pp. 247-267.	<a href="https://www.researchgate.net/publication/320766684_Recovery_of_waste_printed_circuit_boards_through_pyrometallurgical_processing_A_review">https://www.researchgate.net/publication/320766684_Recovery_of_waste_printed_circuit_boards_through_pyrometallurgical_processing_A_review</a>	Artículo	Acercamiento a los procesos de pirometalurgia aplicados a las tarjetas de circuitos para extracción de metales preciosos
2022	B. Rönnskär, „Boliden Rönnskär,“ Boliden Rönnskär, [En línea]. Disponible: <a href="https://www.boliden.com/operations/smelters/boliden-ronnskar">https://www.boliden.com/operations/smelters/boliden-ronnskar</a> . [Consultado el 14 junio 2022].	<a href="https://www.boliden.com/operations/smelters/boliden-ronnskar">https://www.boliden.com/operations/smelters/boliden-ronnskar</a>	Pagina WEB	Funcionamiento del método Boliden Rönnskär para la pirometalurgia de RAEE
2000	L. Wei, Corrosion of refractories in lead smelting reactors, Vancouver, 2000.	Biblioteca personal	Trabajo de Grado	Esquema del horno Kaldo, equipo principal del método de pirometalurgia Boliden Rönnskär
2020	A. Khan, Inamuddin und A. Asiri, E-waste Recycling and Management. Present Scenarios and Environmental Issues., Cham, Suiza: Springer, 2020.	Biblioteca personal	Libro	Antecedentes de los sistemas de gestión RAEE en el Japón.
2022	B. A. H. N. Dias P., e-Waste Management and Practices in Developed, and Developing Countries, Weinheim: Wiley, 2022.	Biblioteca personal	Libro	Antecedentes de los sistemas de gestión RAEE en Brasil.

AÑO	REFERENCIA	UBICACIÓN	TIPO	APORTE
2012	United States Environmental Protection Agency., „Recycling and Waste Electrical and Electronic Equipment Management in Taiwan: A case study,“ 2012.	Biblioteca personal	Informe	Informe detallado de la EPA respecto al estado actual de la experiencia de Taiwán en los sistemas de RAEE
2017	J. Niño Abella, S. Bermudez Gómez und M. Duque Daza, „Modelo para la gestión integral de RAEE (Residuos en Aparatos Eléctricos y Electronicos) en la ARB (Asociación de Recicledores de Bogotá),“ ECCI, Bogotá D.C., 2017.	Biblioteca personal	Artículo	Artículo investigativo donde se evidencian las prácticas llevadas a cabo en Bogotá para concienciar a los recolectores en la gestión de RAEE
2022	Claro Colombia, „Claro por Colombia,“ 21 octubre 2021. [En línea]. Disponible: <a href="https://www.claroporcolombia.com/la-apuesta-de-claro-colombia-para-ser-carbono-neutral-a-2050/">https://www.claroporcolombia.com/la-apuesta-de-claro-colombia-para-ser-carbono-neutral-a-2050/</a> . [Consultado el 05 mayo 2022].	<a href="https://www.claroporcolombia.com/la-apuesta-de-claro-colombia-para-ser-carbono-neutral-a-2050">https://www.claroporcolombia.com/la-apuesta-de-claro-colombia-para-ser-carbono-neutral-a-2050</a>	Pagina WEB	Estado de las iniciativas de Claro Colombia en la gestión de RAEE
2022	Red+, „Redmas,“ 06 junio 2022. [En línea]. Disponible: <a href="https://redmas.com.co/w/claro-compromiso-empresa-carbono-neutra?redirect=%2Finicio&amp;color=">https://redmas.com.co/w/claro-compromiso-empresa-carbono-neutra?redirect=%2Finicio&amp;color=</a> . [Consultado el 12 junio 2022].	<a href="https://redmas.com.co/w/claro-compromiso-empresa-carbono-neutra?redirect=%2Finicio&amp;color=">https://redmas.com.co/w/claro-compromiso-empresa-carbono-neutra?redirect=%2Finicio&amp;color=</a>	Pagina WEB	Artículo de prensa en el que se detallan los logros de Claro Colombia en la gestión de teléfonos móviles
2022	Red Verde, „Red Verde. Posconsumo de electrodomésticos,“ [En línea]. Disponible: <a href="https://www.redverde.co/index.php/que-es-red-verde/quienes-somos">https://www.redverde.co/index.php/que-es-red-verde/quienes-somos</a> . [Consultado el 23 junio 2022].	<a href="https://www.redverde.co/index.php/que-es-red-verde/quienes-somos">https://www.redverde.co/index.php/que-es-red-verde/quienes-somos</a>	Pagina WEB	Estado de la iniciativa Red Verde que se encarga de la recolección de RAEE, canalizando las necesidades de las comunidades y la capacidad logística de compañías productoras de AEE.

### ANEXO 3. PROCESO DE RECICLAJE Y MATERIALES RECUPERADOS A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE RAE.



**Nota.** Métodos de separación de RAE y materiales recuperados durante estos procesos. Tomado de Electronic Waste. Recycling and Reprocessing for a Sustainable Future. Holuszko, M.E.; Kumar, A.; Espinosa, D.C.R. P.122. 2022.