

**Evaluación Económica de Planta Piloto de Aprovechamiento de RAEE en Zona Industrial  
de la Costa Caribe Colombiana.**

Cesar Andres Romero Cruzate

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al Título de Ingeniero Metalúrgico

Director

Walter Pardave Livia.

MSc. En Ingeniería Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales

Bucaramanga

2022

### **Dedicatoria**

A DIOS y al universo por haberme permitido vivir tantas experiencias y conocido tantas personas que aportaron a mi formación como profesional y como persona.

A mis padres por apoyarme, estar siempre pendientes de mí, creer en mí y por todos sus esfuerzos para permitirme lograr avanzar un paso más en mi vida.

A quienes considero mis amigos Juan Pablo Crofort, María Fernanda, Ferney Amado, Daniel Meneses, Santorini, Cesar Alejandro, Checho, German y Jeison Blanco por acompañarme en tantos momentos vividos y la amistad brindada.

A Yojaira Romero por siempre apoyarme y querer lo mejor para mí.

*Cesar Andres Romero Cruzate*

### **Agradecimientos.**

#### **Gracias.**

Al director del proyecto Walter Pardave Livia por su apoyo, su paciencia para la realización de este proyecto y así culminar esta etapa.

Al profesor Cristian Viafara por despertarme la curiosidad por esta bonita carrera, alentarme a seguir recorriendo este camino y por sus enseñanzas.

A mis compañeros del C.C.C por permitirme trabajar y aprender con ellos y así complementar mi formación integral.

A Mayra Álvarez por abrirme las puertas de su casa, su hospitalidad y cariño. A mis padres y mi hermana por el cariño, el amor y el esfuerzo.

**A todos los que me acompañaron en este viaje, gracias.**

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo general .....	13
1.2 Objetivos específicos .....	13
2. Fundamentación Teórica y Estado del Arte .....	14
2.1 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE .....	14
2.2 Problemática y Gestión de RAEE en el mundo .....	15
2.3 Panorama de RAEE en Colombia .....	16
3. Desarrollo Metodológico .....	17
3.1 Etapas de aspectos técnico .....	18
3.2 Etapas del estudio económico .....	19
4. Aspectos Técnicos .....	20
4.1 Materia prima .....	20
4.2 Caracterización y selección de la materia prima .....	20
4.3 Alternativas de uso y disposición .....	21
4.4 Proceso de reciclado .....	22
4.5 Equipos .....	24
4.6 Dimensionamiento de la planta .....	25
4.7 Diseño y distribución de planta piloto .....	25

---

5. Estudio de Mercado .....	27
5.1 Investigación del mercado .....	27
5.2 Análisis del sector .....	27
5.2.1 Sector local.....	27
5.2.2 Sector nacional.....	29
5.3 Análisis del mercado.....	30
5.3.1 Mercado Potencial .....	30
5.3.2 Mercado Objetivo .....	31
5.3.3 Producto .....	32
5.3.4 Usos de productos principales .....	32
5.3.5 Precio .....	33
5.3.6 Publicidad y Maketing .....	34
5.3.7 Marketing digital.....	34
5.3.8 Vallas Publicitarias .....	35
5.3.9 Jornadas pedagógicas.....	35
5.3.10 Localización.....	36
5.4 Análisis de Factibilidad económica .....	37
5.4.1 Definición de factores .....	37
5.4.2 Inversión inicial .....	38
5.4.3 Descripción de escenarios.....	38
5.4.4 Capital Humano .....	39
5.4.5 Costos Totales.....	40
5.4.6 Proyección de ingresos .....	40

5.4.7 Flujos de caja proyectados .....	42
5.5 Evaluación financiera del proyecto.....	44
5.5.1 Valor Presente Neto .....	44
6. Conclusiones.....	46
7. Recomendaciones .....	47
Referencias Bibliográficas.....	48
Apéndices.....	52

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema metodológico para el desarrollo del proyecto.....	18
Figura 2. Flujograma de proceso de reciclado.....	23
Figura 3. Diseño y distribución de planta industrial.....	26
Figura 4. Proyección de ingreso el primer año de funcionamiento. ....	42
Figura 5. Flujo de caja proyectada en escenario conservador. ....	43
Figura 6. Flujo de caja proyectada para escenario moderado.....	43
Figura 7. Flujo de caja proyectada para escenario optimista.....	43
Figura 8. Valor actual neto en escenario conservador.....	44
Figura 9. Valor actual neto en escenario moderado.....	45
Figura 10. Valor actual neto en escenario optimista.....	45
Figura 11. Valores de Tasa interna de retorno (TIR).....	45

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición porcentual de materiales de interés en TICs.....	21
Tabla 2. Empresas de reciclaje y acopio de RAEE en la Costa Caribe Colombiana.....	28
Tabla 3. Empresas recicladoras de RAEE a nivel nacional .....	29
Tabla 4. Áreas de aplicación de metales preciosos (oro, plata y cobre) .....	33
Tabla 5. Precio en USD, tomados del año 2022 y su precio actual para la fecha 20/05/2022 .....	33
Tabla 6. Estimaciones de costos de inversión inicial.....	38
Tabla 7. Escenarios Financieros. ....	39
Tabla 8. Aproximación de gastos de personal. ....	39
Tabla 9. Gastos de funcionamiento (COP). ....	40
Tabla 10. Cálculo de ingresos con base en escenario conservador.....	41
Tabla 11. Cálculo de ingresos con base en escenario moderado .....	41
Tabla 12. Cálculo de ingresos con base en escenario optimista. ....	42

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Figuras .....	52

## Resumen

**Título:** Evaluación Económica de Planta Piloto de Aprovechamiento de RAEE en Zona Industrial de la Costa Caribe Colombiana\*.

**Autor:** Cesar Andres Romero Cruzate\*\*

**Palabras Claves:** Desechos, RAEE, residuos, materia prima, materiales.

### Descripción.

La creciente demanda de elementos metálicos, los cada vez más escasos yacimientos puestos en operación y la búsqueda de soluciones para una creciente problemática ambiental producto de las actividades humanas son problemáticas que pueden mitigarse con el reciclado de aparatos eléctricos y electrónicos. El reciclado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) es una actividad realizada en Colombia por algunas empresas reguladas por los entes gubernamentales también por terceros que no cuentan con permisos legales para esta actividad, en aras de fortalecer la industria del reciclado de RAEE en el país se realizó este proyecto de grado, buscando establecer si en la costa caribe colombiana era económicamente viable la puesta en marcha de una planta piloto para el reciclado de estos desechos y el aprovechamiento de elementos valiosos presentes en estos desechos. Para la elaboración del proyecto se tienen en cuenta aspectos técnicos para el funcionamiento de la planta teniendo en cuenta que la línea principal de procesamiento es cotizada y no tecnología propia además enfocado a recuperar 3 productos principales y un estudio económico para determinar la viabilidad económica de la planta teniendo en cuenta los costos e ingresos con proyecciones de corto y mediano plazo en el tiempo.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales Director Walter Pardave Livia. MSc. En Ingeniería Ambiental

### Abstract

**Title:** Economic Evaluation of Pilot Plant for the Use of WEEE in the Industrial Zone of the Colombian Caribbean Coast\*.

**Author:** Cesar Andres Romero Cruzate\*\*

**Key words:** Waste, WEEE, waste, raw material, materials.

**Description:**

The growing demand for metal elements, the increasingly scarce deposits put into operation and the search for solutions to a growing environmental problem resulting from human activities are problems that can be mitigated with the recycling of electrical and electronic equipment. The recycling of waste electrical and electronic equipment (WEEE) is an activity carried out in Colombia by some companies regulated by government entities also by third parties that do not have legal permits for this activity, in order to strengthen the WEEE recycling industry in the country this degree project was carried out, seeking to establish if on the Colombian Caribbean coast it was economically viable to start up a pilot plant for the recycling of this waste and the use of valuable elements present in this waste. For the elaboration of the project, technical aspects for the operation of the plant are taken into account, taking into account that the main processing line is quoted and not its own technology, also focused on recovering 3 main products and an economic study to determine the economic viability of the plant taking into account the costs and revenues with short- and medium-term projections over time.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales Director Walter Pardave Livia. MSc. En Ingeniería Ambiental

## Introducción

El crecimiento demográfico de la población humana, el acelerado desarrollo tecnológico, la industrialización, globalización y el crecimiento económico han permitido el incremento de la industria manufacturera de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE). Cada vez son más asequibles estos dispositivos permitiendo su inmersión en la vida cotidiana de los individuos, volviéndolos casi indispensables. A medida que los AEE ocupan más espacio en la vida de los seres humanos y a su vez se generan avances tecnológicos de manera exponencial también se generan desechos casi en su misma proporción. Los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se están convirtiendo en un problema significativo debido a su alto potencial de contaminación al final de su vida productiva y al no ser debidamente tratados causando grandes afectaciones al medio ambiente.

Según el informe “Global E-Waste Monitor” de UNU 2020, en el año 2019 se generaron cerca de 53,6 millones de toneladas métricas (MT) de RAEE a nivel mundial y se espera un crecimiento anual de 2MT para el año 2030. Se estimó que América Latina fue el segundo continente con mayor producción de desechos a nivel mundial con 13.1 millones de Ton (Rautela et al., 2021). En Colombia se generaron cerca de 252 mil Ton de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos domésticos equivalentes a 5,3 kg per cápita de los cuales en su mayoría fueron a parar a vertederos o a manos de recicladores informales (Colombia. Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2017). Los RAEE contienen una gran variedad de elementos como Oro, níquel, cadmio cobre, tierras raras entre otros, que se pueden recuperar y ser tratados para posteriormente ser vendidos como materia prima.

Tomando como punto de partida las condiciones anteriormente expuestas, que existen empresas recolectoras de estos desechos, pero en cambio no hay empresas de recuperación industrial surgió la idea de evaluar la viabilidad de crear una planta piloto de reciclaje de RAEE en Colombia. Con la puesta en marcha de esta planta se busca solucionar el problema ambiental causado por la contaminación de algunos componentes, recuperar recursos valiosos y estratégicos, incentivar la economía nacional trayendo riqueza, cubriendo esta oportunidad de negocio y generando empleo.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Realizar una evaluación de Factibilidad Económica para una planta a escala piloto para aprovechamiento de residuos RAEE en zona industrial de la costa Caribe Colombiana.

### **1.2 Objetivos específicos**

Realizar el diagnóstico actual y cuantificación de residuos RAEE a nivel nacional y la región Caribe de Colombia, basado en referencias bibliográficas y antecedentes.

Evaluar la factibilidad económica de una planta piloto de tratamiento de residuos RAEE en zona industrial de la costa Caribe Colombiana.

## 2. Fundamentación Teórica y Estado del Arte

### 2.1 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE

Los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos también conocidos por sus siglas “RAEE” es el término utilizado para llamar a los aparatos eléctricos y electrónicos al llegar al fin de su vida útil y pasan a convertirse en residuos. Este término comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto cuando se descarta, salvo que individualmente sean considerados peligrosos, caso en el cual recibirán el tratamiento previsto para tales residuos (Castellanos et al., 2016) (Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Dado que existe una gran variedad de aparatos eléctricos y electrónicos los RAEE se pueden dividir en varias categorías expuestas a continuación:

- Grandes electrodomésticos.
- Pequeños electrodomésticos.
- Equipos de información y telecomunicación.
- Aparatos eléctricos de consumo.
- Aparatos de iluminación.
- Herramientas eléctricas.
- Juguetes y equipos deportivos o de esparcimientos.
- Aparatos de uso médico.
- Instrumentos de vigilancia y control.

- Máquinas expendedoras.
- Pilas y baterías.

El anterior listado solo son grandes categorías que permiten establecer la clasificación desde el punto de vista se la caracterización de los aparatos eléctricos y electrónicos (Fernández Promatoso, 2013).

## 2.2 Problemática y Gestión de RAEE en el mundo

A nivel mundial, el panorama de los RAEE se está volviendo preocupantes dado que el consumo mundial de aparatos eléctricos y electrónicos parece crecer a un ritmo de 2.5 millones de toneladas métricas lo que equivale a un incremento a su vez de alrededor de 2 millones de toneladas métricas de productos RAEE.

Para el año 2019 las estadísticas mostraron que el continente asiático generó 24.9 MT de RAEE, América 13.1 MT, Europa 12 MT, África 2.9 MT y Oceanía 0.7 MT de estos desechos

El manejo de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos a nivel mundial se realiza de tres formas principales que son: i) Arrojàndolos a contenedores de basura dando paso a que estos desechos lleguen a los vertederos de basura, ii) entregándolos a empresas amparadas y reconocidas por los gobiernos, encargadas de gestionar este tipo de elementos de manera segura y iii) mediante la recolección de terceros los cuales no están reconocidos como agentes óptimos para bcumplir con esa tarea y que muchas veces no les brindan el tratamiento adecuado (Rautela et al., 2021).

El continente con mayor producción de RAEE es el continente asiático, seguido de América y Europa. Se estimo que América produjo cerca de 13 millones de toneladas métricas

(MT) anuales los últimos 6 años, mientras Europa que también ha mantenido su generación de RAEE en 12MT ha disminuido la generación per cápita de estos mismos por sus políticas de gestión de desechos electrónicos. En promedio en Europa se recogen de manera formal 5.1 millones de toneladas métricas de RAEE mientras que en el continente americano tan solo 2.1MT. África y Oceanía son los continentes con menor cantidad de desechos electrónicos, los países con mayor cantidad de desechos en África son Egipto con (585 Kt), Sur África (415 Kt), Nigeria (461Kt) y Argelia (308 Kt) por otra parte, en Oceanía los mayores productores de desechos eléctricos y electrónicos son Australia y Nueva Zelanda con una producción de (650 Kt), si bien en Australia no prima la formalidad a la hora de reciclar estos desechos se ha puesto en marcha un Plan Nacional para lograr reciclar los televisores en un 80% entre el 2026 -2027 “Además, el vertido de desechos electrónicos en vertederos está prohibido en Australia para fomentar la gestión segura de materiales peligrosos y aumentar la recuperación de los valiosos el.”(Rautela et al., 2021).

### **2.3 Panorama de RAEE en Colombia**

A nivel nacional la gestión de RAEE no ha sido la más óptima, en el país se estimó una producción de desechos eléctricos y electrónicos de aproximadamente 252 mil toneladas para el año 2014, también según un estudio de la secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá en el 2010 la capital del país generó 21.959 toneladas de estos aparatos, de las cuales tan solo 1.400 fueron tratadas por empresas autorizadas para su manejo. Se estima que cerca del 50% de los RAEE recolectados en Colombia son exportados a China.

En el país hasta el año 2019 había 36 empresas con licencias ambientales para almacenar, aprovechar, tratar o disponer de los RAEE, de las cuales, 13 se dedican a exportar los materiales

o partes desensambladas a países como China (50,2 %), Estados Unidos (8,5 %), Hong Kong (8,2 %), España (6,8 %), Corea del Sur (4,9 %), Holanda (4,1 %), Taiwán (3,6 %), Bélgica (2,1 %) y otros 27 países (11,7 %) donde finalmente son reciclados. (Colombia. Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

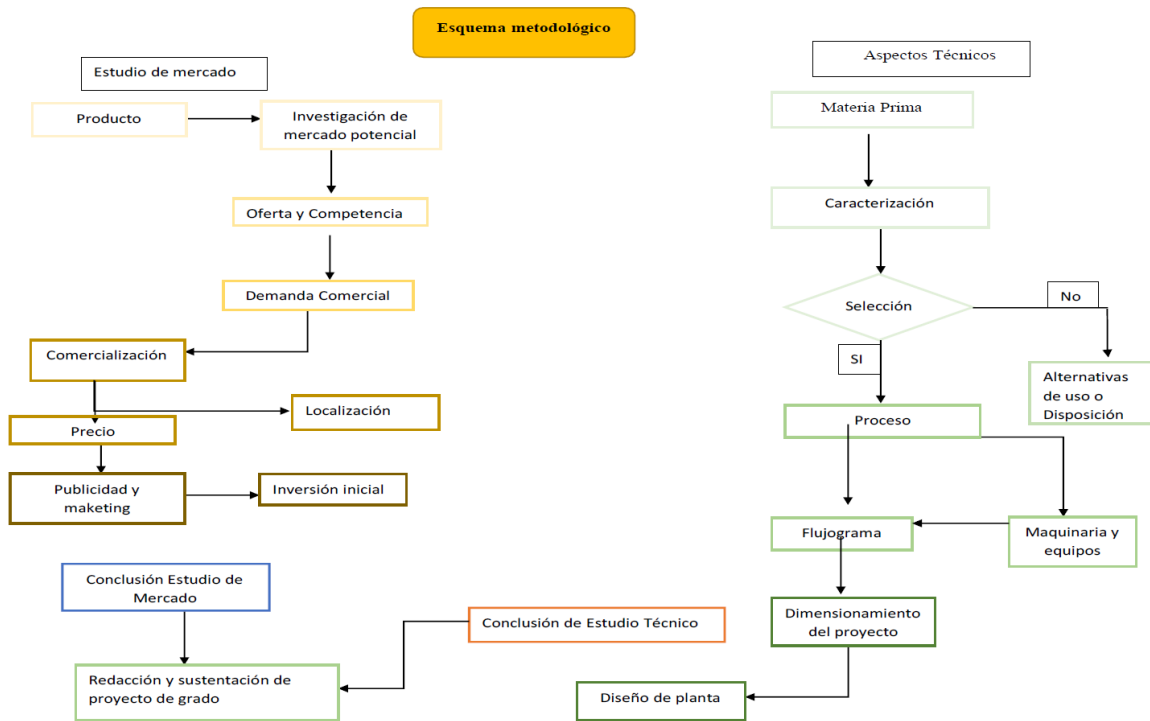
El panorama en Colombia es aún muy complejo debido a que si bien se han puesto en marcha una política pública para la gestión responsable de los desechos eléctricos y electrónicos en Colombia aún existen muchos vacíos normativos, además de factores como son: falta de conciencia ciudadana, vías de articulación efectivas entre gestores formales y los ciudadanos, la ausencia de facilidades para su recolección como puntos cercanos o conocidos y la falta de mecanismos de logística inversa, que establezcan un trabajo conjunto entre el consumidor y los productores.

### **3. Desarrollo Metodológico**

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto y cumplir con los objetivos estipulados se realizaron una serie de actividades representadas en el flujograma que se mostrará a continuación en donde se muestran paso a paso las etapas que componen la elaboración del trabajo, dividiéndolo en dos partes principales que son aspectos técnicos y estudio de mercado, además se agrupan ciertas etapas con colores similares por cuestiones de facilidad y semejanza.

**Figura 1.**

*Esquema metodológico para el desarrollo del proyecto*



### 3.1 Etapas de aspectos técnico

Se recopiló información que va desde la materia prima utilizada en procesos de reciclado y recuperación de RAEE, básicamente en identificar los tipos de RAEE, luego se hizo una caracterización de sus componentes para saber cuáles de estos era posible recuperar y así establecer como serían los mecanismos de reciclado, que materiales entrarían y cuáles serían los principales productos en los que se enfocarían los procesos, luego de la caracterización se seleccionaron los elementos de interés y por ende se estableció con qué tipo de RAEE se trabajaría. Como paso siguiente se estipuló de qué manera se dispondrían aquellos materiales que no son de interés para el proceso de reciclaje. Para establecer el proceso de reciclaje óptimo se estudiaron varias

bibliografías pero se optó por cotizar en algunas compañías de venta de maquinaria para reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos el valor de sus líneas de montaje y que productos ofrecían, encontrando una empresa que vende el proceso por partes o completo incluyendo las etapas de recuperación y refinación utilizando procesos hidrometalúrgicos y teniendo en cuenta la facilidad que brinda para un inversionista que pretende entrar en este mundo, se decidió por tomar la opción de comprar la línea de montajes cotizada. Teniendo los equipos, los procesos, el dimensionamiento de la planta y su diseño entregado por la empresa siguió la elaboración del flujograma después del cual se pudo tomar una decisión donde se evaluó si era técnicamente viable la planta piloto.

### **3.2 Etapas del estudio económico**

Con el estudio económico se buscó establecer la viabilidad económica del proyecto teniendo en cuenta factores como el mercado actual, se realizó un análisis del mercado ,el mercado objetivo, el mercado general, se estableció el precio que al cual se va a comercializar , la forma en la cual se va a hacer el marketing tanto para obtener la materia prima como para la comercialización del producto, estas estrategias sirven para doble propósito, se estableció en que parte de la región caribe estará construida la planta, se estimaron los costos financieros para la puesta en marcha del proyecto.

## **4. Aspectos Técnicos**

### **4.1 Materia prima**

Los RAEE abarcan una variedad de categorías, de las cuales basado en bibliografía se identificaron 11 anteriormente mencionadas en “fundamentación teórico y estado del arte” que abarcan desde grandes electrodomésticos hasta pilas y baterías.

### **4.2 Caracterización y selección de la materia prima**

El tipo de RAEE utilizado en el proceso de reciclado y beneficio debe ser de uso común, asequible por parte de los consumidores y necesario a corto y largo plazo. Los componentes de la materia prima deben ser de fácil extracción, fácil comercialización además de una alta demanda sostenible en el tiempo.

El volumen necesario para alimentar la producción es de vital importancia, por esta razón el tipo de RAEE debe ser de fácil acceso, estar en constante demanda y oferta, teniendo en cuenta el crecimiento demográfico y los avances tecnológicos estos desechos deben ser los de mayor producción y proyección. Teniendo en cuenta las observaciones mencionadas se estableció que la materia prima principal a la cual se debe apuntar son los aparatos electrónicos de consumo dado que presentan una gran variedad de metales en su interior como lo son el oro, la plata, el cobre, cadmio, zinc, níquel, estaño, tierras raras, entre otros metales. También se tratarán algunos desechos de grandes electrodomésticos cuando la cantidad de material acopiado lo amerite.

**Tabla 1.**

*Composición porcentual de materiales de interés en TICs.*

<b>Composición porcentual de materiales en TICs</b>	
<b>Materiales</b>	<b>% de materiales en TICs</b>
Hierro	36
Cobre	4
Plata	0,0012
Oro	0,00024
Paladio	0,00006
Plastico	12

*Nota.* Adaptado de: Ministerio de Ambiente y Desarrollo, (2017)

### **4.3 Alternativas de uso y disposición**

Después del proceso de desmantelamiento se apartan de la línea de producción algunas sustancias peligrosas que no harán parte del proceso de reciclado, además otros elementos poliméricos y cerámicos. Posterior al proceso de recuperación y beneficio se decantan algunos metales que no serán objetivo de recuperación como lo son: Plomo, Aluminio, Cadmio, Zinc, Estaño, Níquel.

Estos elementos serán sedimentados junto con algunos componentes sólidos y al igual con aquellos separados en el proceso de desmantelamiento serán vendidos a otras empresas encargadas de recuperarlo, empresas que disponen de residuos peligrosos y cementeras que utilicen los relaves producidos para crear cemento u otro tipo de productos.

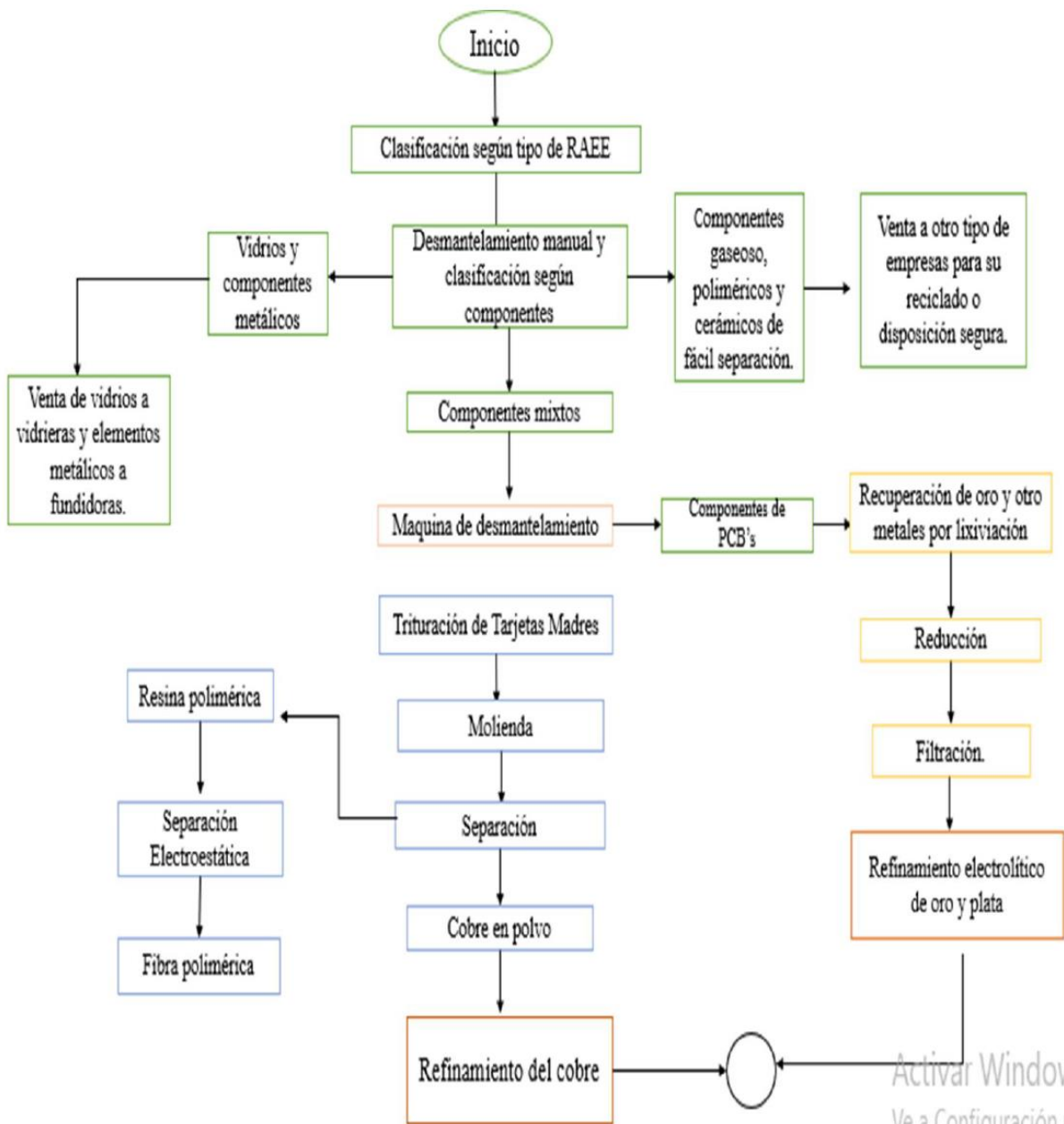
#### 4.4 Proceso de reciclado

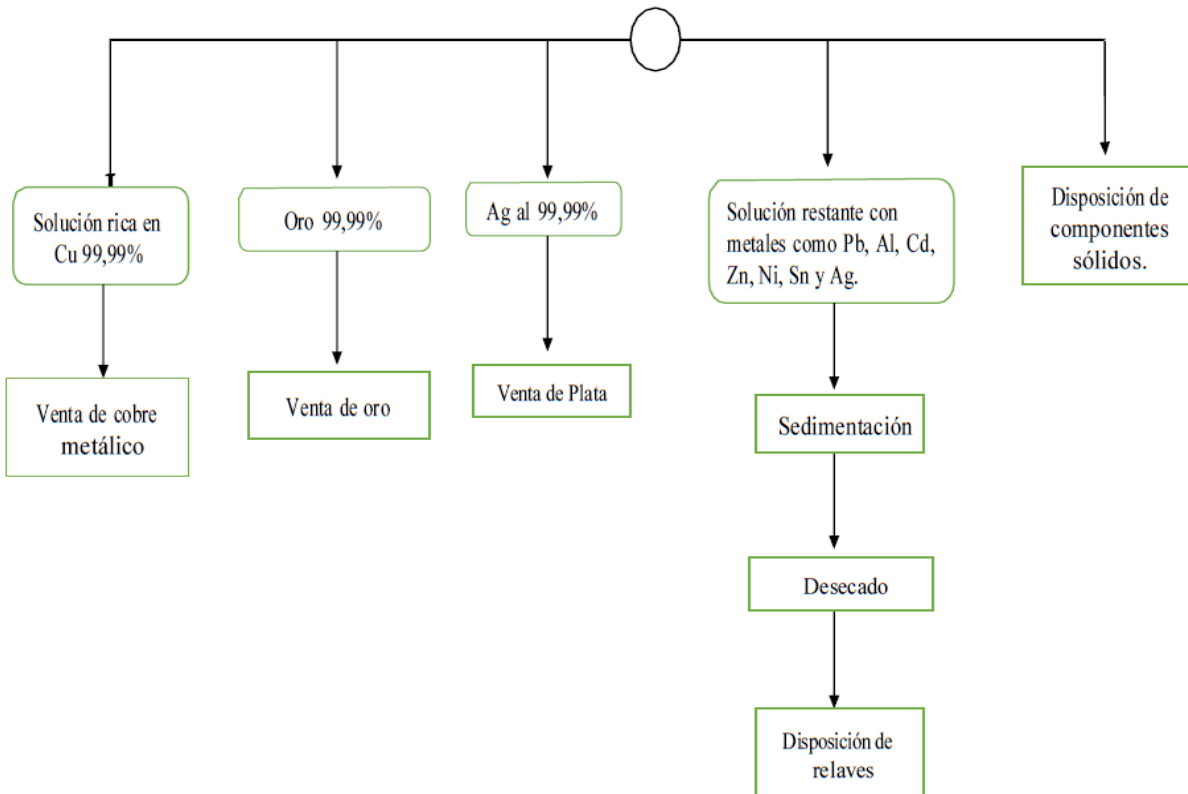
El proceso de reciclado seleccionado es un proceso completo y complejo diseñado por la empresa SunyGroup la cual se encarga de brindar servicios a la industria del reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos. Las tareas desarrolladas por la empresa comprenden desde la recepción de la materia prima hasta la disposición final de los productos principales y secundarios pero el proceso industrial que corresponde a el reciclado, recuperación y refinado comprende todas las tareas desde la trituración hasta el refinamiento.

El paso a paso de las tareas realizadas se presentaran a continuación, en él se expone una secuencia global de los procesos que se van a realizar pero se debe tener en cuenta que los procesos de recuperación y beneficio han sido diseñados por la empresa SunyGroup por lo que no se mencionaran elementos como solventes utilizados , tiempo de reacción, frecuencia de agitación, entre otros factores propios de este proceso; incluso el paso a paso no será detallado dado que estos no son de nuestra propiedad y aún no han sido adquiridos, a continuación se presentara el flujograma del proceso (Ver Figura 3):

Figura 2.

Flujograma de proceso de reciclado





#### 4.5 Equipos

El procedimiento cuenta con una variedad de equipos los cuales no fueron suministrados en la cotización, pero a través de un video publicitario se pudieron identificar algunos de estos como lo son:

- Máquina de separación de tarjetas madre y componentes.
- Sistema de tratamiento de gases y polvos.
- Dos Trituradoras.
- Tamices
- Sistema de separación por aire.

- Banda transportadora.
- Separador electrostático.
- Recolector de polvo.

Los equipos mencionados anteriormente e ilustrados en la imagen presente en los anexos son los utilizados en el proceso de separación física, los equipos utilizados en el proceso de separación hidro y electrometalúrgica no han sido detallados por el vendedor.

#### **4.6 Dimensionamiento de la planta**

La línea de montaje cotizada tiene una capacidad de producción de 4 – 5 toneladas por día, pero la recepción de materiales debe ser mucho mayor para no tener problemas de suministro si se presenta algún percance en la recolección algún día y se vea afectada la producción. En el año 2020 se presentó un fenómeno inesperado causado por el virus del SARS coV- 2 que produjo una parálisis a nivel mundial en todos los sectores entre esos el económico, por ende, la capacidad de almacenamiento de la fábrica debe ser unas tres veces mayor a la capacidad de producción de la fábrica.

#### **4.7 Diseño y distribución de planta piloto**

A continuación, se muestra una posible distribución de la planta piloto y cada una de sus áreas, para el diseño se tuvieron en cuenta las áreas principales tanto operativas, administrativas, vigilancia, almacenamiento y alimentación. Es necesario resaltar que no todos los espacios están divididos por paredes, aquellas cuyas líneas son más suaves están divididas con pequeñas rejas de

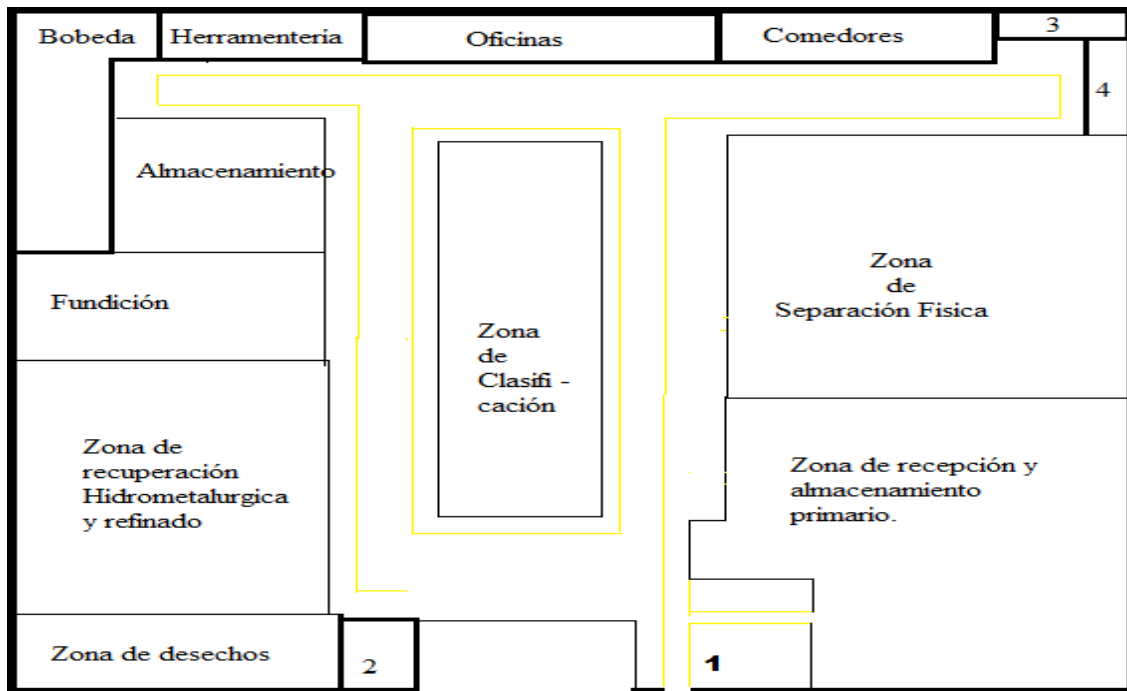
metros de altura, solo para impedir el paso de una zona a otra directamente, pero sin perder la visibilidad de un espacio a otro, por otra parte, los trazos más gruesos corresponden a divisiones de concreto.

Zonas Numeradas.

1. Control de seguridad para personal entrante y saliente. El punto de seguridad tendrá detección rayos X y guardias encargados de inspeccionar a cada una de las personas
2. Garita de seguridad y control para vehículos.
3. Baños.
4. Enfermería

**Figura 3.**

*Diseño y distribución de planta industrial.*



## 5. Estudio de Mercado

### 5.1 Investigación del mercado

Para el desarrollo de la investigación de mercado se realizó el análisis de mercado potencial y objetivo tanto de los productos como de los insumos necesarios para el proyecto dado que para su desarrollo el factor crucial está en la cadena de suministro de la chatarra RAEE y no en la venta de los productos finales, metales apetecidos y cada vez más necesitados en el mercado mundial. También se analizó el mercado actual, los posibles competidores dentro del este.

### 5.2 Análisis del sector

#### 5.2.1 Sector local

La región caribe es una de las regiones más fuertes en el ámbito económico para Colombia, en esta se encuentra una gran variedad de empresas de diferentes sectores económicos, una de sus ventajas es la salida al mar caribe, por esta razón tiene dos de los puertos más importantes como lo son el puerto de Santa Marta y el puerto de Cartagena de Indias; sin embargo también se cuenta con la ciudad de Barranquilla que presenta el mayor número de empresas en toda la costa caribe aun sin tener un puerto tan importante pero en los últimos años ha tenido un crecimiento significativo, por estas razones las ciudades costeras especialmente de las ciudades de Cartagena y Barraquilla se favorece la formación de empresas dedicadas al negocio del reciclaje de RAEE y

su exportación que es la principal actividad, las empresas encuentran más atractivo el acopio y desensamble de piezas para su comercialización a otros países que el reciclaje y la recuperación de su materia prima.

Dado que mucho del manejo de los residuos RAEE no cuentan con estándares de calidad que aseguren un manejo responsable, algunos actores se encuentran en la informalidad. Por esta razón y debido a que es un sector nuevo además del hermetismo de las empresas que lo conforman la investigación de las empresas del sector solo pudo ser recopilada a través de información puesta en la internet y en sus páginas web. Se tiene conocimiento de empresas dedicadas al negocio del reciclaje en el área de Barraquilla y Cartagena entre la cuales se pueden destacar las siguientes:

**Tabla 2.**

*Empresas de reciclaje y acopio de RAEE en la Costa Caribe Colombiana.*

<b>Nombre de la empresa</b>	<b>Ubicación</b>
Solutek	Barranquilla - Cartagena
RAEE COLOMBIA S.A.S	Barraquilla.
Reciclaje de la costa S.A.S	Barraquilla.
Reciclajes Integrales JAS S.A.S	Barraquilla.
C.I. Reciclables S.A.S	Cartagena-Barranquilla

*Nota.* Adaptado de: El Economista, (2021).

Es importante resaltar que los procesos realizados por la empresa van un paso más allá de los realizados por las empresas recicladoras ya constituidas, los procesos de recuperación siguientes a los mecanismos de separación física no se encuentran en el itinerario del sector que actualmente está reciclado este tipo de residuos.

### 5.2.2 Sector nacional

El panorama nacional no dista mucho del panorama local, la industria del reciclado de aparatos eléctricos y electrónicos no se encuentra muy desarrollada, existen compañías recicladoras encargadas de recibir los desechos, clasificarlos, desmantelarlos, triturarlos y separar los elementos, pero todo con mecanismos de separación física, la mayor cantidad de empresas de este tipo se encuentran en la ciudad de Bogotá, pero también en ciudades como Bucaramanga, Medellín, Villavicencio.

**Tabla 3.**

*Empresas recicladoras de RAEE a nivel nacional*

<b>Nombre de la empresa</b>	<b>Ubicación</b>
Solutek	Medellín- Villavicencio
Social RAEE	Bucaramanga.
RAEE Colombia	Bogotá
Click on Green	Bogotá
C.I. Recyclables S.A.S	Medellín-Cali
INNOVA	Yumbo

*Nota.* Adaptado de: El Economista, (2021).

Las empresas anteriormente expuestas en la tabla se dedican al reciclaje sin llegar a realizar algún tipo de proceso químico o de refinamiento; pero igualmente hacen parte de la cadena de reciclaje y recepción de suministros potencialmente valiosos para el desarrollo del proyecto.

### 5.3 Análisis del mercado

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación con la finalidad de obtener claridad del mercado potencial y objetivo que se puede llegar a abarcar, cuando se menciona mercado potencial y objetivo no se hace referencia solamente a los consumidores de los productos, en este caso se hace hincapié en los sectores que brindan la materia prima requerida para la puesta en marcha de la empresa y que esta cumpla con la producción que le brinde sostenibilidad. El mercado objetivo son todas aquellas personas, compañías, asociaciones o instituciones que puedan ser una fuente de suministro de desechos RAEE, a las cuales se les debe llegar y convencer de que la empresa es la mejor opción para la disposición de su equipo. Las estrategias para convencer al público potencial y objetivo son las estrategias de publicidad y marketing.

#### *5.3.1 Mercado Potencial*

El mercado potencial lo dividimos en dos grupos, proveedores y compradores. Los proveedores son todas aquellas personas o empresas capaces de satisfacer la demanda de residuos RAEE necesaria para cumplir las metas de producción, las personas naturales que tengan el poder adquisitivo para comprar aparatos eléctricos y electrónicos, también deben cumplir con un rango de edades que les permita comprar estos aparatos, vivir en una zona geográfica correspondiente a la región caribe y contar con vías de acceso. Las empresas proveedoras deben en lo posible tener la fluidez económica suficiente para contar con varios dispositivos electrónicos, querer brindar una disposición final a sus equipos de manera segura, estar presentes en la costa Caribe Colombiana, entre estas empresas son de interés aquellas dedicadas al acopio de chatarra, recicladoras, empresas

dedicadas a la comercialización de dispositivos eléctricos y electrónicos, negocios de reparación de dispositivos eléctricos y electrónicos, instituciones que brinden programas relacionados con la reparación de equipos como lo pueden ser programas de formación técnico o tecnológica, instituciones de educación en general, iglesias y entidades estatales.

### ***5.3.2 Mercado Objetivo***

El sector de mercado en el cual se centrarán los esfuerzos principales de atracción son las empresas privadas o públicas, hoteles, chatarrerías, locales comerciales de servicio técnico de aparatos eléctricos y electrónicos, colegios y universidades. Las estrategias de marketing deben dirigirse a todo tipo de público en general incluyendo a niños los cuales serán los compradores y consumidores del mañana; pero el objetivo principal deben ser todas las entidades anteriormente mencionadas que permitan recolectar el mayor número de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos posible.

Las principales ciudades de la costa caribe colombiana son Barranquilla y Cartagena las cuales tienen poblaciones de 1.112.889 habitantes y 1.028.736 habitantes respectivamente, estas ciudades son las más desarrolladas del territorio por lo tanto serán a las cuales se debe apuntar, Cartagena es una ciudad que tiene como su principal fuente de ingresos el sector turístico por lo que cuenta con un buen número de empresas que se dedican a prestar servicios en este sector, también tiene una zona industrial con grandes empresas nacionales e internacionales por eso los clientes potenciales estarán en la zona norte y la localidad 3. Por otro lado, Barranquilla tiene la mayor cantidad de empresas en la costa caribe haciéndola una gran fuente de suministro ya que

cuenta con más de 50 mil empresas formalmente constituidas sin contar otro tipo de entidades o negocios mencionados anteriormente que no constituidas como empresas.

### ***5.3.3 Producto***

Los productos principales que se pretenden obtener con el reciclado y recuperación son: Cobre, Oro, Plata además de estos tres elementos contamos con materiales ferrosos separados en etapas tempranas, materiales poliméricos, vidrios y relaves con concentraciones de otros elementos tales como Al, Pb, Cd, Zn, Ni, Sn, Ag.

A continuación, se presentan los tres productos principales del proceso y sus respectivos porcentajes de dureza:

Oro (Au): 99,99% pureza, Plata (Ag): 99,99% pureza, Cobre (Cu): 99,99% pureza.

Los productos principales serán presentados en forma de lingotes para mayor facilidad a la hora de manejarlos y almacenarlos, estos metales son recuperados a través de procesos de recolección, desmantelamiento, selección, conminución, separación y procesos hidro y electrometalúrgicos. El proyecto se centrará en vender sus productos en bruto sin ningún tipo de tratamiento aparte de su refinación.

### ***5.3.4 Usos de productos principales***

Los metales obtenidos como productos principales tienen aplicaciones industriales, decorativas, económicas y algunas de sus aplicaciones principales son las siguientes:

**Tabla 4.***Áreas de aplicación de metales preciosos (oro, plata y cobre)*

Área de aplicación	Oro	Plata	Cobre
Joyería	X	X	X
Electrónica	X	X	X
Industria espacial	X		X
Cosméticos	X		
Catalizadores		X	
Tuberías			X
Cables eléctricos			X
Vehículos			X
Paneles solares			X
Artesanías	X		X
Galardones, trofeos y medallas	X	X	X
Elementos aleantes	X	X	X
Alimentos	X		

### 5.3.5 Precio

El precio al cual se comercializan el oro, la plata y el cobre fluctúan teniendo en cuenta diversos factores inherentes a la economía por lo que no se puede decir un precio a exacto de venta, pero si se puede mencionar un rango de los valores registrados en el mercado por estos metales los cuales presentaremos a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 5.***Precio en USD, tomados del año 2022 y su precio actual para la fecha 20/05/2022*

Metal	Precio más alto	Precio más bajo	Precio Actual
Oro (Kg)	65,556.98	55,406.99	59,046.65
Plata (Kg)	906,98	670.03	697.75
Cobre (lb)	5,125	3,54	4,18

*Nota.* Adoptado de ([www.inversoro.es](http://www.inversoro.es)).

El precio del cobre tuvo un alza en el año 2021 por temas como la parálisis de las industrias chinas, el crecimiento en la demanda de este valioso metal y la falta de nuevas minas convencionales, el aumento de la producción de nuevos aparatos eléctricos y electrónicos en los cuales se utilizan en gran porcentaje.

### ***5.3.6 Publicidad y Marketing***

La publicidad y el marketing no estarán dirigidas a la venta o comercialización de nuestros productos únicamente, lo que se pretende en este caso con estas estrategias es llamar la atención tanto de los compradores de nuestros productos como aquellos posibles clientes encargados de suministrarnos la materia prima necesaria para el proyecto dado que sin estos sería imposible obtener los resultados esperados para cumplir con nuestros objetivos. Dividiremos nuestra estrategia en varias partes que son: Marketing digital, Vallas publicitarias, Jornadas pedagógicas.

### ***5.3.7 Marketing digital***

El Marketing digital se ha convertido en una herramienta poderosa para llamar la atención y suministrar información en el siglo XXI, aquí se llevan a cabo las estrategias de comercialización tradicional traducidas al mundo online, la propaganda irá dirigida a las redes sociales a través de imágenes y videos llamativos que retengan la atención de los internautas y generen en las personas un reconocimiento de la empresa, la labor que desempeña y como contribuir a esta.

### ***5.3.8 Vallas Publicitarias***

Cumplirán un papel de refuerzo a la hora de afianzar la propaganda en las personas, aquellas a las que se les puede llegar con el marketing digital pero no se puede tener un contacto directo, estas vallas pueden distribuirse a lo largo de la ciudad, se alquilan mensualmente o por un periodo acordado con el dueño de las estructuras, estas se encuentran en varias partes de la ciudad y son bastante comunes.

### ***5.3.9 Jornadas pedagógicas***

Las jornadas pedagógicas son muy importantes a la hora de generar conciencia ciudadana, se debe concientizar a los jóvenes de la importancia de reciclar los aparatos eléctricos y electrónicos dado que estos son los adultos del mañana, cada vez estarán más conectados con la tecnología que las generaciones anteriores y a largo plazo facilitara la cadena de suministro de la materia prima necesaria, exigirán el fortalecimiento de normativas para regular la industria del reciclaje y fomentaran el crecimiento.

Es por estas razones que las jornadas pedagógicas irán dirigidas principalmente a los jóvenes y niños, en un segmento de edades de 28 a 10 años, las jornadas se realizarán en los colegios, clubes, parches y cualquier espacio que permita congrega nuestro público objetivo.

### ***5.3.10 Localización***

El estudio de la localización es importante dado que una ubicación estratégica facilita la llegada de materia primera y favorece la venta de un posterior producto, es por esto que el éxito de una empresa también recae en una buena ubicación.

La ciudad de Barranquilla está ubicada en el departamento del Atlántico, cuenta con una población de aproximadamente 1'112.889 habitantes, una densidad de población de 6.704,2 habitantes/km<sup>2</sup>, tiene un alrededor de 50.800 empresas, se encuentra se encuentra a menos de 170km de Cartagena de indias la segunda ciudad más desarrollada de la costa caribe, 700km de Antioquia y 600km de los Santanderes. Barranquilla tiene en su frente al río Magdalena principal arteria fluvial de Colombia y que conecta con 13 departamentos y generó alrededor del 80% del PIB de Colombia. En el 2019 se movilizaron unas 3'000.000 de toneladas sobre el rio Magdalena. La ciudad cuenta con vías 4G importantes para una buena movilidad de productos, una zona portuaria con 7 puertos los cuales transportan cerca de 12% de la carga de la región caribe, con la puesta en marcha del super puerto, puerto de aguas profundas Barranquilla tendrá la capacidad de permitir la llegada de embarcaciones de 20 metros de calado y albergar el tres veces la capacidad de sus terminales portuarias, por si fuera poco cuenta con una aeropuerto de carga que en el año 2019 movilizó aproximadamente 18.310 toneladas de carga.

Barranquilla apuesta por el fortalecimiento de ideas productivas y competitivas de PYMES en sectores estratégicos en la ciudad de Barranquilla, promueve el emprendimiento, apoya la creación de empresas innovadoras, articula rutas de emprendimientos con entidades como cámara de comercio, SENA, FENALCO, ACOPI, Universidades, FOMYPIMES, entre otras entidades, por las razones ya expuestas y algunas otra Barranquilla es considerada como la mejor ciudad para

emprender en el caribe Colombiano y la más económica para emprender e toda Colombia, se estima que crear una empresa en esta capital cuesta alrededor de 13 millones de pesos colombianos, siendo más económica en términos de inversión inicial que ciudades como Bucaramanga (COP 16 millones), Medellín (23,3 millones) y Bogotá (24 millones). Bogotá es la ciudad más costosa para montar empresa, superando el promedio nacional que es de 25 millones de pesos colombianos.

#### **5.4 Análisis de Factibilidad económica**

Este análisis fue realizado para estimar la viabilidad económica del proyecto, para realizarlo se estimaron ingreso y egresos teniendo en cuenta factores como gastos de personal, capital inicial, gastos fijos, estimaciones económicas de ingresos por la venta de los metales preciosos tomando como referencia su valor en el mercado y las cantidades recuperadas bajo tres escenarios posibles.

La herramienta utilizada para realizar los cálculos financieros fue Microsoft Excel y un formato utilizado para liquidar la nómina mensual de los trabajadores. Todo lo anterior para hacer estimaciones cuya finalidad permitiera concluir la factibilidad económica de planta de reciclaje.

##### ***5.4.1 Definición de factores***

Para el análisis financiero se establecieron por el autor tres escenarios referenciales para analizar la rentabilidad del proyecto planteado. Los tres escenarios fueron conservador, moderado y optimistas. En los 3 escenarios se mantuvieron los gastos fijos y el capital inicial, solamente se realizaron variaciones en las cantidades de chatarra eléctrica y electrónica procesada.

### 5.4.2 Inversión inicial

Es el capital necesario para la puesta en marcha de la planta, comprende gastos del local, maquinaria y equipos, muebles y enseres, equipos de oficinas, algunas herramientas intangibles y vehículo o vehículos necesarios. La inversión inicial será representada en la siguiente tabla:

**Tabla 6.**

*Estimaciones de costos de inversión inicial.*

<b>INVERSION INICIAL</b>		
Bodega arriendo		\$ 15.000.000
Adecuaciones		\$ 40.000.000
Maquinaria y equipos	US\$	T.C 3.969
	316.000,0	\$ 1.254.204.000
Muebles y enseres		\$ 20.000.000
Equipos de oficina		\$ 30.000.000
Otras herramientas intangibles		\$ 22.500.000
Vehículo		\$ 70.000.000
	Total	1.451.704.000,0

### 5.4.3 Descripción de escenarios

Los 3 escenarios de trabajo establecidos por el autor en los cuales se tomaron como variables las toneladas producidas diariamente llegando a tratar desde 1.5 a 4 toneladas diarias las cuales se proyectaron mensual y anualmente como se puede ver a continuación.

**Tabla 7.***Escenarios Financieros.*

Condiciones	Escenarios Financieros		
	Producción diaria	Producción mensual	Producción anual
Conservador	1,5tn	45tn	540tn
Moderado	2,5tn	75tn	900tn
Optimista	4tn	120tn	1440tn

**5.4.4 Capital Humano**

El capital humano son todas aquellas personas que hacen parte del proyecto aportando su mano de obra, talento, conocimiento y calor humano para hacer posible el buen funcionamiento de la fábrica, estas devengan un salario dependiendo del cargo y el rol que ocupen dentro de esta como se muestra en el cuadro a continuación:

**Tabla 8.***Aproximación de gastos de personal.*

N°	Capital Humano	Salario
1	Gerente	\$ 8.000.000,00
1	Contador	\$ 3.000.000,00
1	Abogado	\$ 3.500.000,00
1	Publicista	\$ 3.000.000,00
2	Ingeniero	\$ 8.000.000,00
1	Asesor de venta	\$ 2.500.000,00
18	Operarios	\$ 36.000.000,00
1	Conductor	\$ 1.500.000,00
9	Vigilantes	\$ 13.500.000,00
1	Profesional en salud ocupacional	\$ 2.500.000,00
3	Practicante Sena	\$ 3.600.000,00
3	Personal de oficios varios.	\$ 4.500.000,00
<b>Total</b>		<b>\$ 89.600.000,00</b>

### 5.4.5 Costos Totales

Para establecer los costos totales generados a partir del funcionamiento de la planta y aquellos que deben ser saldados para la continuación del proyecto se establecieron tres frentes principales: capital humano, arriendo de bodega e insumos y servicios donde entran reactivos utilizados para los procesos, gasolina del vehículo, servicios de agua, luz y otros gastos varios.

**Tabla 9.**

*Gastos de funcionamiento (COP).*

<b>Gastos de funcionamiento (COP)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Capital Humano	\$ 89.600.000,00	\$ 1.075.200.000,00
Arriendo de Bodega	\$ 15.000.000,00	\$ 180.000.000,00
Insumos y servicios	\$ 14.164.040,80	\$ 169.968.489,60
<b>Total</b>		<b>\$ 1.425.168.489,60</b>

### 5.4.6 Proyección de ingresos

Para el escenario conservador se estipuló un tratamiento de RAEEs de 1.5 tonelada diaria, 45 toneladas mensuales y 540 toneladas anuales, además un escenario moderado donde se pretende reciclar 2.5 toneladas diarias, 75 toneladas mensuales y 900 toneladas anuales, por último, en un escenario optimista se estipula tratar 4 toneladas diarias, 120 mensuales y 1440 toneladas anuales. Los datos mencionados fueron plasmados en la siguiente tabla además se muestra cuánto dinero genera la producción de cada uno de los escenarios.

**Tabla 10.***Cálculo de ingresos con base en escenario conservador.*

<b>Tabla de valores conservador</b>						
<b>Unidad</b>	<b>Producto</b>	<b>Cant.</b>	<b>VLR</b>	<b>VLR Total</b>	<b>VLR Mensual</b>	<b>VLR en Pesos</b>
Kg	Hierro	360	\$0,31	\$111,60	\$5.022,00	\$19.932.318
Kg	Cobre	40	\$8,40	\$336,00	\$15.120,00	\$60.011.280
Kg	Plata	0,012	\$701,21	\$8,41	\$378,65	\$1.502.875
Kg	Oro	0,0024	\$59.200,99	\$142,08	\$6.393,71	\$25.376.623
Kg	Paladio	0,00006	\$65.073,11	\$3,90	\$175,70	\$697.343
Kg	Plastico	120	\$0,17	\$20,40	\$918,00	\$3.643.542
				<b>Total</b>	<b>Mensual</b>	<b>\$111.163.981</b>
					<b>Anual</b>	<b>\$1.333.967.773</b>

**Tabla 11.***Cálculo de ingresos con base en escenario moderado*

<b>Tabla de valores moderado</b>						
<b>Unidad</b>	<b>Producto</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr</b>	<b>Vlr Total</b>	<b>Vlr Mensual</b>	<b>Vlr en Pesos</b>
Kg	Hierro	360	\$0,31	\$111,60	\$8.370,00	\$33.220.530
Kg	Cobre	40	\$8,40	\$336,00	\$25.200,00	\$100.018.800
Kg	Plata	0,012	\$701,21	\$8,41	\$631,09	\$2.504.792
Kg	Oro	0,0024	\$59.200,99	\$142,08	\$10.656,18	\$42.294.371
Kg	Paladio	0,00006	\$65.073,11	\$3,90	\$292,83	\$1.162.238
Kg	Plastico	120	\$0,17	\$20,40	\$1.530,00	\$6.072.570
				<b>Total</b>	<b>Mensual</b>	<b>\$185.273.302</b>
					<b>Anual</b>	<b>\$2.223.279.622</b>

**Tabla 12.***Cálculo de ingresos con base en escenario optimista.*

<b>Tabla de valores optimista</b>						
<b>Unidad</b>	<b>Producto</b>	<b>Cant.</b>	<b>VLR</b>	<b>VLR Total</b>	<b>VLR Mensual</b>	<b>VLR en Pesos</b>
Kg	Hierro	360	\$0,31	\$111,60	\$13.392,00	\$53.152.848
Kg	Cobre	40	\$8,40	\$336,00	\$40.320,00	\$160.030.080
Kg	Plata	0,012	\$701,21	\$8,41	\$1.009,74	\$4.007.668
Kg	Oro	0,0024	\$59.200,99	\$142,08	\$17.049,89	\$67.670.994
Kg	Paladio	0,00006	\$65.073,11	\$3,90	\$468,53	\$1.859.581
Kg	Plastico	120	\$0,17	\$20,40	\$2.448,00	\$9.716.112
				<b>TOTAL</b>	<b>Mensual</b>	<b>\$296.437.283</b>
					<b>Anual</b>	<b>\$3.557.247.395</b>

**Figura 4.***Proyección de ingreso el primer año de funcionamiento.*

Proyección de la empres el primer año.	Escenario Conservador.	Escenario Moderado.	Escenario Optimista
Poducción Diaria (Tn)	1,5	2,5	4
Producción Mensual.	45	75	120
Producción Anual	540	900	1440
Total Ingreso	\$ 1.333.967.773	\$ 2.223.279.622	\$ 3.557.247.395

#### 5.4.7 Flujos de caja proyectados

El flujo de caja permite la visualización del dinero que ingresa y el dinero que egresa en forma de gastos. Con estos flujos de caja se identifica si el proyecto presenta la liquidez para cubrir las deudas adquiridas desde su creación hasta el año número 5, se realizaron flujos en los tres escenarios estipulados, estos flujos fueron plasmados en las tablas 13, 14 y 15 correspondientes a escenario conservador, moderado y optimista respectivamente como se puede observar a continuación:

**Figura 5.***Flujo de caja proyectada en escenario conservador.*

Escenario Conservador.						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$1.333.967.772,95	\$1.400.666.161,59	\$1.470.699.469,67	\$1.544.234.443,16	\$1.621.446.165,31
Egresos	\$1.451.704.000,00	\$1.425.168.489,60	\$1.496.426.914,08	\$1.571.248.259,78	\$1.649.810.672,77	\$1.732.301.206,41
Flujo de Caja (FC)	-\$1.451.704.000,00	-\$91.200.716,65	-\$95.760.752,49	-\$100.548.790,11	-\$105.576.229,62	-\$110.855.041,10

**Figura 6.***Flujo de caja proyectada para escenario moderado.*

Escenario Moderado.						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$2.223.279.621,58	\$2.334.443.602,65	\$2.451.165.782,79	\$2.573.724.071,93	\$2.702.410.275,52
Egresos	\$1.451.704.000,00	\$1.420.368.489,60	\$1.491.386.914,08	\$1.565.956.259,78	\$1.644.254.072,77	\$1.726.466.776,41
Flujo de Caja(FC)	-\$1.451.704.000,00	\$802.911.131,98	\$843.056.688,57	\$885.209.523,00	\$929.469.999,15	\$975.943.499,11

**Figura 7.***Flujo de caja proyectada para escenario optimista.*

Escenario Optimista.						
Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$3.557.247.394,52	\$3.735.109.764,25	\$3.921.865.252,46	\$4.117.958.515,08	\$4.323.856.440,84
Egresos.	\$1.451.704.000,00	\$1.420.368.489,60	\$1.491.386.914,08	\$1.565.956.259,78	\$1.644.254.072,77	\$1.726.466.776,41
Flujo de Caja(FC)	-\$1.451.704.000,00	\$2.136.878.904,92	\$2.243.722.850,17	\$2.355.908.992,68	\$2.473.704.442,31	\$2.597.389.664,42

Como se puede ver en las tablas 13,14 y 15 los flujos de caja evidencian que el proyecto solo cuenta con la suficiente liquidez para ser viable en el escenario moderado y optimista donde reflejan valores positivos dado que los ingresos son superiores a los egresos.

## 5.5 Evaluación financiera del proyecto

A través de esta evaluación se buscó comprobar la rentabilidad del proyecto utilizando indicadores como valor actual neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). Los datos utilizados para los cálculos de la TIR Y VPN son los flujos de caja calculados.

### 5.5.1 Valor Presente Neto

El valor presente neto se obtiene utilizando los flujos de caja obtenidos de la proyección de cada año, el número de periodos y la tasa COK que tiene en cuenta la inflación para los próximos años la cual se estipuló en 5% teniendo en cuenta la inflación del año 2021 y un porcentaje esperado de ganancias por parte de los inversores del proyecto. El porcentaje de ganancias esperado se estipuló en un 10%. El valor actual neto ayuda a visibilizar el margen de ganancias esperado con el desarrollo en sus primeros 5 años en cada uno de los 3 escenarios ya establecidos.

### Figura 8.

*Valor actual neto en escenario conservador*

Escenario Conservador						
Años	0	1	2	3	4	5
Flujo de Caja(FC)	-\$1.451.704.000,00	-\$86.400.716,65	-\$90.720.752,49	-\$95.256.790,11	-\$100.019.629,62	-\$105.020.611,10
Valor Actual.		-\$74.483.376,43	-\$67.420.297,63	-\$61.026.993,54	-\$55.239.951,05	-\$50.001.679,83
Cok	16%					
VAN						-\$ 1.759.876.298,48

**Figura 9.**

*Valor actual neto en escenario moderado.*

Escenario Moderado.						
Años	0	1	2	3	4	5
Flujo de Caja(FC)	-\$1.451.704.000,00	\$ 802.911.131,98	\$ 843.056.688,57	\$ 885.209.523,00	\$ 929.469.999,15	\$ 975.943.499,11
Valor Actual.		\$ 692.164.768,94	\$ 626.528.454,65	\$ 567.116.273,60	\$ 513.338.006,28	\$ 464.659.402,24
Cok	16%					
VAN	\$1.412.102.905,71					

**Figura 10.**

*Valor actual neto en escenario optimista.*

Escenario Optimista						
Años	0	1	2	3	4	5
Flujo de Caja(FC)	-\$1.451.704.000,00	\$ 2.136.878.904,92	\$ 2.243.722.850,17	\$ 2.355.908.992,68	\$ 2.473.704.442,31	\$ 2.597.389.664,42
Valor Actual.		\$ 1.842.136.987,00	\$ 1.667.451.583,06	\$ 1.509.331.174,32	\$ 1.366.204.942,27	\$ 1.236.651.025,33
Cok	16%					
VAN	\$6.170.071.711,99					

La tasa interna de retorno nos da información del porcentaje de utilidades que se pueden obtener al poner en marcha el proyecto, este se puede calcular teniendo en cuenta lo flujos de caja ya proyectado para los cinco años siguiente a su inicio. A continuación, en una sola tabla se muestran los valores de TIR calculados para los escenarios moderado y optimista.

**Figura 11.**

*Valores de Tasa interna de retorno (TIR).*

Escenario	Moderado	Optimista
Valor TIR	51%	150%

Como se puede observar tenemos una tasa interna de retorno de 51% y 150% para los escenarios moderado y optimista respectivamente. No fue posible obtener valores de TIR para el escenario conservador debido a que este no representa rentabilidad de la tasa interna de retorno por otra parte los valores de TIR son muy superior a los valores de Cok en los escenarios moderado y optimista, haciéndolos muy llamativos para cualquier persona que quiera invertir en la construcción de este tipo de proyectos, teniendo en cuenta que este debe ir dirigido en primera medida a abarcar todo la producción de RAEE de todo el territorio nacional.

## 6. Conclusiones

- La idea de poner en marcha la creación de una planta piloto de reciclado y aprovechamiento de metales preciosos a partir de aparatos eléctricos y electrónico (RAEE) en la costa caribe colombiana es económicamente rentable con altos valores de TIR Y VAN como quedó demostrado en la evaluación financiera del proyecto para los escenarios moderado y optimista, tal y como quedó demostrado en la evaluación financiera del proyecto.
- Basado en la literatura disponible hasta el momento, el país cuenta con una producción de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos superior a las 252 mil toneladas anuales, de las cuales en su mayoría no son tratadas adecuadamente, por tal razón los esfuerzos principales deben estar orientados a acopiar la mayor cantidad de estos residuos generados incluyendo a estos acopiados por empresas avaladas para la labor y que exportan cerca del 50% de los desechos recolectados.

- La costa caribe colombiana es un punto estratégico por la facilidad que tiene para mover mercancía tanto hacia adentro como hacia fuera del país y la ciudad de Barranquilla es catalogada como la ciudad donde se necesita menor inversión inicial para crear empresa, por esta razón, su ubicación y su apoyo a el emprendimiento fue seleccionada como lugar para montar la planta piloto.

- El oro es un metal precioso con alto valor en el mercado mundial, gracias a su gran valor comercial los proyectos extractivos en los cuales se tenga este elemento como principal producto de interés son proyectos con grandes márgenes de utilidades a veces con una ley muy baja que para otros metales no representaría ganancias.

## **7. Recomendaciones**

- Se recomienda promover investigaciones que permitan obtener procesos que busquen la recuperación de elementos valiosos como el paladio a partir de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos y poder generar avances tecnológicos para un adecuado proceso de reciclaje.

- Se recomienda hacer un modelo de creación de empresa donde se contemple logística inversa, impacto ambiental, un análisis financiero más detallado con impuestos, regalías, licencias ambientales, entre otros gastos que no fueron contemplados en este proyecto.

**Referencias Bibliográficas.**

- Agencia Seo Colombia (2021) *Compra y venta de chatarra en Santa Marta: cobre, aluminio, bronce, electrónica* <https://santamartasostenible.org/compra-venta-chatarra/>
- Ahirwar, R., & Tripathi, A. K. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 15 (December 2020), 100409. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100409>.
- Blog Terraqui. (s.f.). *Publicado un informe sobre tendencias de los RAEE a nivel mundial* - Retrieved June 4, 2021, from <https://www.terraqui.com/blog/actualidad/publicado-un-informe-sobre-tendencias-de-los-raee-nivel-mundial/>
- Castro Gamarra, D. C: (2019) *Propuesta de un sistema de manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el distrito de Arequipa*, [Tesis] Arequipa Peru: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa <https://www.coursehero.com/file/p1ptutp/Tabla-N-6-Composici%C3%B3n-porcentual-de-materiales-presentes-en-los-RAEE-Material/>
- Colombia. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2017). *Política Nacional: Gestión Integral De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos*. [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book\\_rae\\_/assets/RAEE\\_baja.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/assets/RAEE_baja.pdf)
- Dutta, D., & Goel, S. (2021). Understanding the gap between formal and informal e-waste recycling facilities in India. *Waste Management*, 125, 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.045>

Eco computo (s.f.) *Cundinamarca – Bogotá* <https://www.ecocomputo.com/content/cundinamarca-Bogota>

*El Economista*. (2016). *El papel del consumidor frente a los RAEE y la obsolescencia programada*\*.2(4). (21 de diciembre de 2021). <https://empresite.eleconomistaamerica.co/>

Fernández Promatoso, G. (2013). *Minería urbana y la gestión de residuos electrónicos*. <https://sigraee.files.wordpress.com/2013/10/libro-raee-completo.pdf>

Gobierno de Mexico (s.f.) *Precio Histórico metal* [https://www.sgm.gob.mx/SINEMGobMx/precio\\_hist\\_metal.jsp](https://www.sgm.gob.mx/SINEMGobMx/precio_hist_metal.jsp)

Innova Ambiental (2018) *bar y el Manejo de los RAEE* <https://www.innovaambiental.com.co/colombia-y-el-manejo-de-los-raee/>

Inversoro (s.f.) *Precio de Oro en USD por Kilogramo este año* <https://www.inversoro.es/precio-del-oro/>

Inversoro (s.f.) *Precio de Plata en USD por Kilogramo este año* <https://www.inversoro.es/precio-de-la-plata/a%C3%B1o/kilogramos/USD/>

Jewellery Quarter Bullion Ltd. (s.f.) *Precio de Oro en USD por Gramo este año* <https://www.inversoro.es/precio-del-oro/a%C3%B1o/gramos/USD/>

London Metal Exchange-an HKEX Company (s.f.) *Ferrous metals* <https://www.lme.com/en/Metals/Ferrous>

Marketing digital (s.f.) *¿Qué es y cómo funciona?* <https://www.mdmarketingdigital.com/que-es-el-marketing-digital>

Ministerio de Medio Ambiente. (2017). República de Colombia - Política nacional para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) *Comité Nacional de*

*Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*. 93.

<http://www.andi.com.co/Ambiental/SiteAssets/Paginas/default/ProyectodePolíticaNacionalIntegralGestiónRAEE.pdf>

Mor, R. S., Sangwan, K. S., Singh, S., Singh, A., & Kharub, M. (2021). E-waste Management for Environmental Sustainability: An Exploratory Study. *Procedia CIRP*, 98, 193–198. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.029>

Nuñez, K. (2013). Guía para la elaboración de estudio de Mercado. *Gerencia Nacional Financiera y Administrativa*, 1–7. [http://www.ademaf.gob.bo/inf/digital/Guia\\_para\\_Elaboracion\\_de\\_Estudio\\_de\\_Mercado.pdf](http://www.ademaf.gob.bo/inf/digital/Guia_para_Elaboracion_de_Estudio_de_Mercado.pdf)

Okwu, P. I., & Onyeje, I. N. (2014). Open Access Extraction of Valuable Substances from E-Waste. *American Journal of Engineering Research*, 03(01), 299–304.

Paez, J. (2021) *Readers ask: Empresas Que Reciclan Basura Electronica?* [https://www.alquimiaimasd.com/basura/readers-ask-empresas-que-reciclan-basura-electronica.html#Que\\_empresas\\_se\\_dedican\\_a\\_reciclar](https://www.alquimiaimasd.com/basura/readers-ask-empresas-que-reciclan-basura-electronica.html#Que_empresas_se_dedican_a_reciclar)

Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K. H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. *Science of the Total Environment*, 773, 145623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>

Recabarren Ortiz (2021) *Análisis al Precio del Cobre 2021* <https://www.linkedin.com/pulse/an%C3%A1lisis-al-precio-del-cobre-2021-cristian-recabarren-ortiz/>

Recyclables (s.f.) *Ubicaciones* <https://recyclables.co/contacto/>

Solutek Colombia (s.f.) *Reciclaje de tecnología en Barranquilla Colombia*  
[http://www.solutekcolombia.com/reciclaje\\_de\\_tecnologia\\_barranquilla/](http://www.solutekcolombia.com/reciclaje_de_tecnologia_barranquilla/)

Tapias Orozco, V. Tovar Contreras, G. P. (2019) *Ecosistemas de emprendimiento, un análisis comparativo (Cartagena vs Barranquilla)*. Cartagena: Universidad de San Buenaventura, Seccional Cartagena

[http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/7130/1/Ecosistemas%20de%20emprendimiento\\_Vanessa%20Tapia%20O\\_2019.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/7130/1/Ecosistemas%20de%20emprendimiento_Vanessa%20Tapia%20O_2019.pdf)

Uninorte (s.f.) *Barranquilla Distrito Especial*  
[https://www.uninorte.edu.co/image/image\\_gallery?uuid=600670f4-5c99-488a-8f70-565567a04d62&groupId=11393&t=1349707288707](https://www.uninorte.edu.co/image/image_gallery?uuid=600670f4-5c99-488a-8f70-565567a04d62&groupId=11393&t=1349707288707)

Villareal, A. (2011). *Estudio De Viabilidad Para Proponer Un Proyecto Piloto De Gestión De Residuos Eléctricos Y Electrónicos En El Distrito De Cartagena, Basado En El Sistema De Gestión Español*.

Villarreal Gómez, A: (2011) *Estudio de viabilidad para proponer un proyecto piloto de gestión de residuos eléctricos y electrónicos en el distrito de Cartagena de Indias (Colombia), basado en el sistema de gestión español*  
[https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3361/0597\\_Villarreal.pdf;sequence=1](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3361/0597_Villarreal.pdf;sequence=1)

Vive Barranquilla (2021) *Ubicación estratégica y conectividad: dos razones para invertir en Barranquilla* <https://venvivebarranquilla.co/invierte/ubicacion-estrategica-y-conectividad-dos-razones-para-invertir-en-barranquilla/>

Xavier, L. H., Ottoni, M., & Lepawsky, J. (2021). Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>

## Apéndices

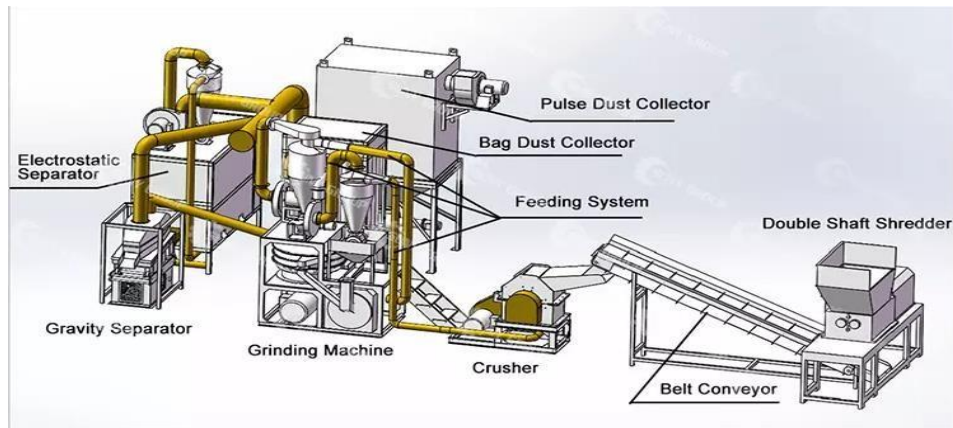
### Apéndice A. Figuras

Ubicación de la ciudad de Barranquilla



Fuente: [https://www.uninorte.edu.co/image/image\\_gallery?uuid=600670f4-5c99-488a-8f70-565567a04d62&groupId=11393&t=1349707288707](https://www.uninorte.edu.co/image/image_gallery?uuid=600670f4-5c99-488a-8f70-565567a04d62&groupId=11393&t=1349707288707)

Componentes de proceso de separación física.



Fuente: [https://www.alibaba.com/product-detail/E-waste-Recycling-Machine-Pcb-Recycling\\_1600374644070.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.6f4d7b7bDLsgiK&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/E-waste-Recycling-Machine-Pcb-Recycling_1600374644070.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.6f4d7b7bDLsgiK&s=p)