



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE PARA RESIDUOS DE  
DISPOSITIVOS ELECTRONICOS MOVILES Y CÁLCULO DE LA  
PPC EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para obtener el grado académico de:

**INGENIERA/O EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORES: MELISSA MISHEL ALVAREZ TAPIA**

**DAVID SEBASTIAN FERNANDEZ ESPIN**

**DIRECTOR: Dr. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCES**

Riobamba – Ecuador

2023

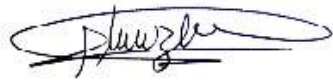
**©2023, Melissa Mishel Alvarez Tapia; & David Sebastián Fernández Espín**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Melissa Mishel Alvarez Tapia y David Sebastián Fernández Espín, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31 de mayo de 2023






**Melissa Mishel Alvarez Tapia**  
**CI: 060513307-3**



**David Sebastián Fernández Espín**  
**CI:060503105-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE PARA RESIDUOS DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS MÓVILES Y CÁLCULO DE LA PPC EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por la señorita: **MELISSA MISHEL ALVAREZ TAPIA** y el señor **DAVID SEBASTIÁN FERNÁNDEZ ESPÍN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Vanessa Margarita Vargas Guambo, Mgs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-05-31
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garces. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-05-31
Ing. Paulina Fernanda Bolaños Logroño, Mgs. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-05-31

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis seres queridos, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo, aliento y amor a lo largo de esta apasionante travesía. A mi familia, por su paciencia, comprensión y por creer en mí en cada paso del camino. A mis amigos, por su compañía, palabras de aliento y momentos de distracción que me ayudaron a mantener el equilibrio en este proceso. A mi pareja, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante durante los momentos de alegría y desafío. A todos ustedes, mi gratitud infinita.

Melissa y David

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis y contribuyeron a su éxito.

En primer lugar, agradezco nuestro director de tesis, por su guía experta, paciencia y dedicación en cada etapa de este proyecto. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para el desarrollo de mi investigación.

No puedo dejar de mencionar a mis profesores y compañeros de estudio, cuyas enseñanzas, debates y aportes enriquecieron mi formación académica y me ayudaron a ampliar mis horizontes en esta área de estudio.

Por último, pero no menos importante, agradezco a todas aquellas personas que, de una forma u otra, contribuyeron a mi crecimiento personal y académico durante esta etapa de mi vida. Sus palabras de aliento, motivación y apoyo incondicional fueron vitales para superar los desafíos y mantenerme enfocado en mi objetivo.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

Melissa y David

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
SUMMARY/ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas .....	6
1.2.1. <i>Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)</i> .....	6
1.2.2. <i>Ciclo de vida de los AEE</i> .....	6
1.2.3. <i>Partes que intervienen en el ciclo de vida de los AEE</i> .....	6
1.3. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) .....	7
1.3.1. <i>Categorización de los RAEE</i> .....	7
1.3.2. <i>Composición y generalidades de los RAEE</i> .....	8
1.4. Descripción de los materiales con los que están compuestos los AEE.....	8
1.4.1. <i>Composición química de los dispositivos electrónicos móviles</i> .....	9
1.5. Mecanismos de gestión adecuada de los RAEE .....	10
1.5.1. <i>Gestión de los RAEE en américa latina</i> .....	11
1.5.1.1. <i>Problemas ambientales y sociales asociados</i> .....	11
1.5.2. <i>Reciclaje de dispositivos electrónicos</i> .....	12
1.5.3. <i>Sistemas de recogida de RAEE</i> .....	12
1.5.4. <i>Proceso de tratamiento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos</i> .....	13
1.5.5. <i>Fragmentación almacenamiento y recepción</i> .....	13
1.5.5.1. <i>Entrada del material</i> .....	13
1.5.5.2. <i>Descarga y clasificación</i> .....	13
1.5.6. <i>Etapas del proceso de fragmentación</i> .....	14
1.6. Marco legal.....	15
1.6.1. <i>Acuerdo Ministerial 190</i> .....	17
1.6.2. <i>Política Nacional de Post-Consumo de Equipos Celulares</i> .....	17
1.7. Procesos del sistema de gestión de celulares en desuso .....	18

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.</b>	<b>Localización del estudio.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.</b>	<b>Tipo y diseño de la investigación.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1.</b>	<i>Por el tipo de investigación .....</i>	<i>20</i>
<b>2.2.2.</b>	<i>Por el diseño de investigación.....</i>	<i>20</i>
<b>2.2.2.1.</b>	<i>Unidad de análisis .....</i>	<i>20</i>
<b>2.2.2.2.</b>	<i>Población de estudio.....</i>	<i>20</i>
<b>2.2.2.3.</b>	<i>Criterios para el establecimiento de la población de estudio .....</i>	<i>21</i>
<b>2.3.</b>	<b>Proceso de caracterización de los principales residuos electrónicos en la ciudad de Riobamba .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1.</b>	<i>Recolección de datos e información .....</i>	<i>21</i>
<b>2.4.</b>	<b>Indicadores de desarrollo y acceso a la tecnología en la ciudad de Riobamba .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1.</b>	<i>Situación social.....</i>	<i>21</i>
<b>2.4.2.</b>	<i>Situación económica .....</i>	<i>22</i>
<b>2.5.</b>	<b>Técnicas de recopilación e interpretación de datos .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.</b>	<b>Diseño de la encuesta .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.1.</b>	<i>Aplicación de encuestas y visitas de los centros de reciclaje de la ciudad .....</i>	<i>23</i>
<b>2.7.</b>	<b>Caracterización de los residuos electrónicos y cálculo de la PPC.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7.1.</b>	<i>Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....</i>	<i>23</i>
<b>2.7.2.</b>	<i>Cálculo del ppc para los residuos dispositivos electrónicos móviles .....</i>	<i>24</i>
<b>2.7.3.</b>	<i>Caracterización física de componentes de los residuos electrónicos .....</i>	<i>24</i>
<b>2.7.4.</b>	<i>Diseño de la planta de tratamientos para residuos electrónicos .....</i>	<i>25</i>
<b>2.7.5.</b>	<i>Consideraciones previas para el establecimiento de la planta de reciclaje de dispositivos electrónicos .....</i>	<i>25</i>
<b>2.7.5.1.</b>	<i>Fase de recopilación.....</i>	<i>25</i>
<b>2.7.5.2.</b>	<i>Fase de diseño .....</i>	<i>25</i>
<b>2.7.5.3.</b>	<i>Subfase de cálculo .....</i>	<i>26</i>
<b>2.7.5.4.</b>	<i>Subfase de dibujo.....</i>	<i>26</i>
<b>2.7.6.</b>	<i>Delimitación del área de establecimiento de la planta .....</i>	<i>26</i>
<b>2.7.7.</b>	<i>Diagrama del flujo de proceso de la planta .....</i>	<i>26</i>
<b>2.7.8.</b>	<b>Plan de reciclaje de componentes electrónicos en la ciudad de Riobamba .....</b>	<b>27</b>



## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	28
<b>3.1.</b>	<b>Caso de estudio</b> .....	28
<b>3.1.1.</b>	<i>Resultados de la aplicación de la encuesta y percepción de la población sobre los residuos electrónicos</i> .....	28
<b>3.1.1.1.</b>	<i>Componente sociodemográfico y ambiental</i> .....	28
<b>3.1.1.2.</b>	<i>Componente adquisición uso o empleo de los dispositivos electrónicos</i> .....	29
<b>3.1.1.3.</b>	<i>Uso de los dispositivos electrónicos</i> .....	30
<b>3.1.1.4.</b>	<i>Conocimiento sobre los residuos electrónicos móviles</i> .....	31
<b>3.1.1.5.</b>	<i>Conocimiento sobre el uso posterior de los dispositivos móviles</i> .....	32
<b>3.1.1.6.</b>	<i>Renovación de los dispositivos electrónicos</i> .....	33
<b>3.1.1.7.</b>	<i>Conocimiento de la problemática ambiental</i> .....	33
<b>3.1.1.8.</b>	<i>Conocimiento de los materiales de construcción de los dispositivos móviles</i> .....	34
<b>3.1.1.9.</b>	<i>Conocimiento sobre el tratamiento de los RAE en la ciudad de Riobamba</i> .....	35
<b>3.1.1.10.</b>	<i>Competencia de la gestión de los residuos electrónicos móviles</i> .....	35
<b>3.1.1.11.</b>	<i>Percepción sobre la implementación de una planta de reciclaje RAEE en la ciudad de Riobamba</i> .....	36
<b>3.2.</b>	<b>Resultados de la caracterización de los residuos electrónicos</b> .....	37
<b>3.2.1.</b>	<i>Caracterización teléfonos móviles</i> .....	37
<b>3.2.2.</b>	<i>Caracterización tabletas digitales</i> .....	38
<b>3.2.3.</b>	<i>Caracterización reproductores de música y video</i> .....	38
<b>3.2.4.</b>	<i>Caracterización pantalla, periféricos y demás dispositivos móviles electrónicos</i> .....	39
<b>3.3.</b>	<b>Resultado cálculo del PPC</b> .....	40
<b>3.4.</b>	<b>Diseño de la planta de reciclaje de residuos electrónicos</b> .....	40
<b>3.4.1.</b>	<i>Ubicación de la planta de reciclaje de dispositivos electrónicos</i> .....	41
<b>3.4.1.1.</b>	<i>Terreno y edificación</i> .....	41
<b>3.4.1.2.</b>	<i>Piso</i> .....	42
<b>3.4.1.3.</b>	<i>Sistema de Iluminación</i> .....	42
<b>3.4.1.4.</b>	<i>Accesos</i> .....	43
<b>3.4.2.</b>	<i>Etapas del proceso generado en la planta de tratamiento de los RAEE</i> .....	43
<b>3.4.3.</b>	<i>Flujo de procesos dentro de la planta de reciclaje de desechos electrónicos</i> .....	45
<b>3.4.4.</b>	<i>Recepción y almacenamiento previo de desechos electrónicos</i> .....	45
<b>3.4.4.1.</b>	<i>Pesaje</i> .....	45
<b>3.4.4.2.</b>	<i>Desmontaje y selección de partes electrónicas</i> .....	45
<b>3.4.5.</b>	<i>Desensamble, descontaminación y clasificación de elementos</i> .....	45
<b>3.4.5.1.</b>	<i>Desensamble mecánico</i> .....	46

3.4.5.2.	<i>Desensamble manual</i> .....	46
3.4.5.3.	<i>Descontaminación</i> .....	46
3.4.5.4.	<i>Clasificación de Elementos</i> .....	46
3.4.6.	<b><i>Proceso de recuperación de los elementos</i></b> .....	47
3.4.6.1.	<i>Compactación de chatarra</i> .....	47
3.4.6.2.	<i>Trituración de plástico</i> .....	47
3.4.6.3.	<i>Recuperación y separación de metales</i> .....	47
3.4.7.	<b><i>Disposición final de los residuos electrónicos no reciclables</i></b> .....	48
3.4.7.1.	<i>Relleno de Seguridad</i> .....	48
3.4.7.2.	<i>Solidificación de residuos</i> .....	48
3.4.7.3.	<i>Adsorción</i> .....	49
3.4.7.4.	<i>Precipitación</i> .....	49
3.5.	<b>Equipos y maquinarias</b> .....	49
3.6.	<b>Líneas de acción para el reciclaje de residuos electrónicos</b> .....	55
3.6.1.	<b><i>Reciclaje de los RAEE</i></b> .....	55
3.6.2.	<i>Actores que forman parte de la cadena de valor de los RAEE</i> .....	56
3.6.3.	<b><i>Efectos de los residuos electronicos sobre el ambiente, salud en su conjunto</i></b> .....	57
3.6.3.1.	<i>Riesgos ambientales de salud y seguridad</i> .....	57
3.6.3.2.	<i>Grupos vulnerables</i> .....	57
3.6.4.	<b><i>Mecanismos de reciclaje</i></b> .....	58
3.6.5.	<b><i>Reciclaje de baterías de los dispositivos electrónicos</i></b> .....	59
3.6.6.	<b><i>Puntos de reciclaje</i></b> .....	60
3.6.6.1.	<i>Campañas de concientización ambiental</i> .....	61
3.6.6.2.	<i>Fomentación de la educación en el reciclaje</i> .....	61
3.6.7.	<b><i>Impacto social del reciclaje en la ciudad de Riobamba</i></b> .....	62
3.6.8.	<b><i>Participación de las autoridades</i></b> .....	63
3.6.9.	<b><i>Participación de las principales empresas telefónicas</i></b> .....	63
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	65
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	66

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Categorización de los residuos electrónicos.....	7
<b>Tabla 1-2:</b>	Riesgos y peligros en función al tipo de elemento de desecho.....	9
<b>Tabla 2-1:</b>	Categorías tomadas para la realización de la encuesta.....	23
<b>Tabla 2-2:</b>	Categorización de los RAEE en función a sus propiedades.....	24
<b>Tabla 3-1:</b>	Caracterización dispositivos móviles.....	37
<b>Tabla 3-2:</b>	Caracterización tabletas digitales.....	38
<b>Tabla 3-3:</b>	Caracterización dispositivos de audio.....	39
<b>Tabla 3-4:</b>	Caracterización periféricos electrónicos.....	39
<b>Tabla 3-5:</b>	Disposición de las áreas operativas de la planta RAEE.....	44
<b>Tabla 3-6:</b>	Grupo de material y lugar de extracción.....	46

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Diagrama proceso de reciclaje.....	12
<b>Ilustración 1-2:</b>	Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de los RAEE .....	15
<b>Ilustración 2-1:</b>	Mapa de ubicación de la zona de estudio-RAEE.....	19
<b>Ilustración 3-1:</b>	Resultados género de los encuestados .....	29
<b>Ilustración 3-2:</b>	Resultados adquisición uso y empleo de los dispositivos electrónicos .....	29
<b>Ilustración 3-3:</b>	Resultados usos de los dispositivos móviles.....	30
<b>Ilustración 3-4:</b>	Resultados sobre los residuos de aparatos electrónicos .....	31
<b>Ilustración 3-5:</b>	Resultados uso posterior de los equipos electrónicos .....	32
<b>Ilustración 3-6:</b>	Resultados renovación equipos electrónicos .....	33
<b>Ilustración 3-7:</b>	Resultados problemática ambiental .....	33
<b>Ilustración 3-8:</b>	Resultados de construcción de los RAEE.....	34
<b>Ilustración 3-9:</b>	Resultados percepción de tratamiento de los RAEE en Riobamba .....	35
<b>Ilustración 3-10:</b>	Resultados responsabilidad sobre el tratamiento de los RAEE.....	35
<b>Ilustración 3-11:</b>	Resultados de la implementación de una planta de reciclaje .....	36
<b>Ilustración 3-12:</b>	Posible ubicación de la planta de reciclaje de residuos electrónicos.....	42
<b>Ilustración 3-13:</b>	Flujo de trabajo dentro de la planta RAEE .....	43
<b>Ilustración 3-14:</b>	Trituradora de rodillos.....	50
<b>Ilustración 3-15:</b>	Molino de cuchillas .....	50
<b>Ilustración 3-16:</b>	Molino de martillos .....	51
<b>Ilustración 3-17:</b>	Tamizado.....	51
<b>Ilustración 3-18:</b>	Mesas densimétricas.....	52
<b>Ilustración 3-19:</b>	Separadores por densidad o flotación .....	52
<b>Ilustración 3-20:</b>	Separador magnético .....	53
<b>Ilustración 3-21:</b>	Sistema de reciclaje PCB.....	53
<b>Ilustración 3-22:</b>	Refinación térmica .....	54
<b>Ilustración 3-23:</b>	Almacenamiento.....	54
<b>Ilustración 3-24:</b>	Incinerador .....	55
<b>Ilustración 3-25:</b>	Círculo del reciclaje RAEE .....	56
<b>Ilustración 3-26:</b>	Riesgos ambientales .....	57
<b>Ilustración 3-27:</b>	Grupos vulnerables.....	58
<b>Ilustración 3-28:</b>	Mecanismos de reciclaje.....	58
<b>Ilustración 3-29:</b>	Reciclaje de baterías.....	60
<b>Ilustración 3-30:</b>	Puntos de reciclaje RAEE .....	60
<b>Ilustración 3-31:</b>	5R del reciclaje.....	62
<b>Ilustración 3-32:</b>	Actores del proceso de reciclaje .....	63

**Ilustración 3-33:** Ejemplo de campaña de reciclaje de RAEE.....64

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ENCUESTA APLICADA HABITANTES DEL CANTÓN (PÁG 1/2)
- ANEXO B:** ENCUESTA APLICADA HABITANTES DEL CANTÓN (PÁG 2/2)
- ANEXO C:** PLANO VISTA GENERAL DE LA PLANTA DE RECICLAJE RAEE
- ANEXO D:** ÁREAS DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE RAEE
- ANEXO E:** DIAGRAMA DEL PROCESO DE RECICLAJE DE LOS RAEE

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es evaluar la situación actual de los desechos electrónicos generados en Riobamba, con el fin de diseñar una planta de reciclaje piloto que reduzca la cantidad de basura electrónica en la ciudad. En la primera etapa del estudio, se realizaron encuestas a 110 personas para determinar la perspectiva de los ciudadanos sobre el conocimiento de los desechos electrónicos, su manejo y su impacto ambiental. Los resultados mostraron que el desecho electrónico más común es el teléfono celular y que la mayoría opta por almacenar estos dispositivos en lugar de entregarlos a un gestor competente. Además, el 75% de los encuestados indicaron que desconocen si existe un tratamiento para estos residuos, pero están de acuerdo con la iniciativa de contar con una planta de reciclaje electrónicos en la ciudad. En la segunda etapa, se dimensionó la planta utilizando un cálculo aproximado de la producción per cápita (PPC), que resultó ser de 0,08 kg por habitante al año. Se contempla que la planta cuente con áreas de acopio, pesaje, desmontaje, separación de metales, almacenamiento y zonas para los trabajadores. Entre los equipos y maquinaria necesarios se incluyen una balanza industrial, una trituradora de molinos, un separador magnético, un tamiz y un incinerador. Todos estos aspectos se plasmaron en los planos generales de la planta y sus áreas operativas. Por último, se propone un plan colaborativo entre la población y las autoridades para instalar puntos de reciclaje en la ciudad, donde se puedan depositar estos dispositivos y recibir el tratamiento adecuado. Se recomienda complementar este estudio con procesos de gestión ambiental y análisis del ciclo de vida de estos residuos, poniendo énfasis en el tratamiento de las sustancias químicas y componentes potencialmente tóxicos que representan un riesgo ambiental y para la salud de la población.

**Palabras clave:** <RECICLAJE>, <DESECHO ELECTRÓNICO>, <PLANTA DE RECICLAJE DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS>, <PRODUCCIÓN PER CÁPITA PPC>, <PUNTOS DE RECICLAJE>.



1267-DBRA-UPT-2023

## SUMMARY/ABSTRACT

This research aimed to evaluate the current situation of electronic waste generated in Riobamba to design a pilot recycling plant that reduces the amount of electronic waste in the city. In the first stage of the study, surveys were conducted with 1/10 people to determine the citizen's perspective on the knowledge of electronic waste its management and its environmental impact. The results showed that the most common electronic waste is the cell phone and that most choose to store these devices instead of handing them over to a competent manager. In addition, 75% of those surveyed indicated that they do not know if there is a treatment for this waste. However, they agree with the city's initiative to have an electronic recycling plant. In the second stage, the plant was sized using an approximate per capita production (PPC) calculation, which was 0.08 kg per inhabitant per year. It is contemplated that the plant has areas for collection, weighing, disassembly, separation of metals, storage and areas for workers. Necessary equipment and machinery include industrial scale mill crusher magnetic separator, sieve, and incinerator. All these aspects were reflected in the general plans of the plant and its operational areas Finally, a collaborative plan is proposed between the population and the authorities to install recycling points in the city, where these devices can be deposited and receive the appropriate treatment. It is recommended to complement this study with environmental management processes and analysis of the life cycle of these residues, emphasizing the treatment of chemical substances and components Potentially xoxic, that represents an environmental risk for the population's health.

Keywords: <RECYCLING>, <ELECTRONIC WASTE>, ELECTRONIC WASTE RECYCLING PLANT>, <PER CAPITA PRODUCTION PPC>, <RECYCLING POINTS>.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to read "Paul Obregón".

Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122



# INTRODUCCIÓN

## Planteamiento del problema

### *Enunciado del problema*

En la actualidad miles de dispositivos electrónicos forman parte del común de nuestras vidas, y su aporte en el mejoramiento en la calidad de vida ha tenido un impacto social enorme, tal es esa dependencia del ser humano con la tecnología que esta ha venido creciendo de forma exponencial en las últimas décadas, este acelerado proceso de crecimiento de las industrias tecnológicas a nivel mundial ha dado paso a un nuevo problema de carácter social y ambiental surgiendo la duda de cómo manejar correctamente los volúmenes cada vez más crecientes de residuos electrónicos obsoletos aún más teniendo en cuenta que parte de sus componentes llegan a ser altamente contaminantes para los ecosistemas (Alchundia et al., 2018, p. 18).

Con base a datos estimados por el MAE en el Ecuador se estima que anualmente la basura electrónica alcanza un volumen de 200-300 toneladas de residuos electrónicos principalmente de computadores, cocinas, celulares y televisiones, todo este tipo de residuos una parte pasa a reciclarse, pero en su gran mayoría y los componentes más nocivos (metales pesados, plásticos con materiales pirorretardantes bromados) pasan a ser alojados en los rellenos sanitarios a cielo abierto los cuales no están orientados para el almacenamiento de este tipo de desechos (Pauca et al., 2018, p. 25-32).

En ese sentido el país aún carece de una normativa correcta que garantice un buen procedimiento para el manejo de este tipo de residuos, si bien instituciones y organizaciones están empezando con este trabajo aún requiere de varios años e inversión para tener un modelo realmente eficiente que minimice el impacto ambiental provocado por la basura electrónica (Pauca et al., 2018, p. 25-32). Particularmente en la ciudad de Riobamba con base a los datos descritos en el PDOT al menos 7% de los residuos generados en la parte urbana corresponde a desechos de carácter tecnológico, parte de estos en una mínima cantidad son aprovechados por las empresas recicladoras del cantón, y su gran mayoría se mezcla con los residuos sólidos urbanos y pasan hasta el relleno sanitario de Porlón (Velosa y Rolón, 2016, p. 19). En vista que no existe suficiente infraestructura para tratar este tipo de residuos en la ciudad surge la necesidad de establecer este trabajo investigativo como una guía a futuro para el diseño y establecimiento de una planta de reciclaje de residuos electrónicos para la ciudad de Riobamba, que cumpla con los estándares de calidad internacionales y locales, cuyo principal objetivo sea manejar de forma adecuada esta basura electrónica, fomentando la cultura del reciclaje y del mejoramiento de la calidad ambiental para cumplir con lo descrito en la constitución del Ecuador el plan del buen vivir o Sumak kawsay.

### ***Formulación del problema***

¿De qué manera el establecimiento de una planta de reciclaje para residuos de dispositivos electrónicos móviles en la ciudad de Riobamba beneficiará en la reducción del impacto ambiental producido por los componentes nocivos de este tipo de desechos?

### **Problemas específicos de la investigación**

¿Cuáles son los principales residuos tecnológicos producidos dentro del cantón Riobamba?

¿Existe algún estudio previo que involucra la creación de una planta de reciclaje de dispositivos electrónicos móviles dentro de la ciudad?

¿Cómo se podría elaborar un plan para el correcto manejo de este tipo de residuos dentro del cantón?

### **Limitaciones y delimitaciones**

#### **Limitaciones**

En cuanto a las limitaciones encontradas para el desarrollo de esta investigación es preciso resaltar que, recaen sobre todo en la parte de recopilación de datos puesto que la información del manejo de este tipo de residuos en la ciudad es bastante escasa no se observa una cultura de reciclaje bien formada.

#### **Accesibilidad de la zona de estudio de la posible planta de reciclaje**

El presente estudio brindará datos generales sobre una posible ubicación de esta planta de reciclaje dentro de la ciudad de Riobamba sin embargo hará falta muchos más estudios que validen la información planteada.

#### **Operacional**

Adicionalmente durante el desarrollo del trabajo, las limitaciones más importantes que se han podido presentar fueron el desarrollo de los planos de la planta y el grado de investigación por parte del investigador, para definir las mejores variables y parámetros a evaluar dentro del tema que se está desarrollando.

## **Delimitaciones**

En cuanto a las delimitaciones se puede mencionar que la principal delimitación recae en el bajo nivel de información de este tipo de estudios dentro del país y de la zona de estudio, si bien algunos trabajos toman en consideración las variables ambientales y geomorfológicas son aplicadas para sus zonas en particular

## **Justificación**

En el presente es claro reconocer que estamos bajo sociedad consumista la cual busca renovar frecuentemente sus productos y bienes y los aparatos electrónicos no son la excepción de ahí que a nivel global la producción de estos productos cada año vaya en aumento, si bien los aportes al mejoramiento de la calidad de vida son enormes, la otra cara de la moneda es el impacto ambiental negativo que está teniendo sobre los ecosistemas (Velosa y Rolón, 2016, p. 18).

Hay que conocer que este tipo de productos para su elaboración tienen un común denominador y es el uso de materias primas que son extremadamente difíciles de degradar e incluso algunas que llegan a ser potencialmente tóxicas en cantidades abundantes tal es el caso del estaño, el plomo el litio de las baterías entre muchos otros.

La problemática ambiental que ha traído consigo el ineficiente manejo de este tipo de desechos ha ocasionado que se busquen métodos urgentes que traten este problema sobre todo en países no desarrollados donde por lo general albergan la basura tecnológica de gran parte del mundo, entre los principales aparatos electrónicos que lideran estos desechos están los computadores, electrodomésticos y celulares los cuales frecuentemente están elaborados por dos grupos de sustancias nocivas los compuestos orgánicos policromados, llamados también retardadores de flama (bifenilos o éter difenil hexavalente y sus derivados), que se usan como aditivos en los plásticos, y metales pesados como plomo, mercurio, cadmio y cromo en la elaboración de los dispositivos electrónicos (Tellez, 2017, p. 26).

Nadie puede negar el impacto y beneficios que ha traído consigo el empleo de estos aparatos electrónicos pues han contribuido al desarrollo científico, mejoramiento en la calidad de vida y salud de las personas, brindan un grado de comodidad entre otros, muchos de estos aparatos mientras están operativos no producen daño, desafortunadamente el daño es ocasionado al momento de desecharlos o sean considerados como desecho, como basura, como chatarra o como desperdicio, al final no es necesario estigmatizar el uso de este tipo de productos más bien es necesario incentivar dentro de la sociedad su correcto manejo post su vida útil que este haya cumplido (Naranjo et al., 2019, p. 43).

En la ciudad de Riobamba si bien existe un sistema de recolección de basura este está encaminado a los desechos urbanos y orgánicos y contadas empresas privadas se encargan de manejar parte de los desechos electrónicos generados por la ciudad, de ahí que es urgente plantearse la creación de una planta matriz de reciclaje de aparatos electrónicos que sea eficiente y maneje de forma adecuada hasta la disposición final de este tipo de residuos, la propuesta planteada dentro de este trabajo de investigación no solo busca el mejoramiento ambiental si no que más allá el establecimiento de un planta de reciclaje puede ser sustento para nuevas fuentes de trabajo a nivel local, en cuanto al mejoramiento de la calidad del ambiente este tipo de infraestructuras son vitales pues garantizará que los desechos sean dispuestos correctamente evitando así impactos negativos a la salud de las personas y en el medio ambiente (Garabiza et al., 2021, p. 17-21).

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

- Diseñar una planta de reciclaje para residuos sólidos de equipos electrónicos móviles y cálculo de la PPC en la ciudad de Riobamba.

### ***Objetivos específicos***

- Caracterizar los residuos electrónicos que componen los desechos electrónicos en la ciudad de Riobamba.
- Establecer las áreas operativas de la planta de reciclaje para residuos sólidos de equipos electrónicos móviles.
- Proponer mecanismos de reciclaje de componentes electrónicos encaminados a la reducción del impacto ambiental provocado por estos residuos.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes

En los últimos años Ecuador ha acogido tecnología de punta que brinda equipos electrónicos de varios precios y modelos mismos que antiguamente solo era cosa de sueños sin embargo hoy es una realidad sin embargo esto ha provocado un aumento de desechos que perjudica al medio ambiente. Según una encuesta realizada por el instituto nacional de estadísticas y censos afirma que en 2010 el 80 % de sus habitantes obtuvieron un celular el 27% tenía acceso a una computadora el 42% a equipos de audio y sonido, 47% DVD y video caseteras y el 85% TV sea esta Smart TV o televisión normal (Pineda Osorio, 2012, p. 15).

De acuerdo con las estadísticas del Banco Central cada año se producen 25000 toneladas de desechos electrónicos, con un aumento del 15 % y según el Ministerio de Telecomunicaciones se produce 27000 toneladas de desechos electrónicos cada año es decir que cada ecuatoriano está produciendo 1, 91 kilos de desechos electrónicos (Pineda Osorio, 2012, p. 15).

Los accesorios que mayor demanda en el mercado tienen son los chips y cargadores seguido de implementos como estuches cables, audífonos y similares, sin embargo su vida útil es cada vez más corta debido a la nueva tecnología que va apareciendo a lo largo del tiempo, el 95% del celular se puede ser reciclar de la siguiente forma: 10% compuestos cerámicos y derivados, 20% cobre y estaño, 45% plástico, 5% no metálicos, 20% metales pesados, estos desechos electrónicos son sumamente perjudiciales para la salud ya que en su composición consta de metales tóxicos, es por eso que CNT y One life han sido de las pocas empresas que han buscado ciertas alternativas que alejen de buena manera estos desechos del entorno de la población (Arroyo López et al., 2014, p. 66).

La basura electrónica en Riobamba según lo descrito en el PDOT del cantón en la actualidad no existen estadísticas que informen la cantidad de desechos electrónicos que esta ciudad produce al año sin embargo menciona que la CNT ha puesto en marcha un plan estratégico para la recolección de este tipo de desechos en la cual la ciudadanía podrá desechar sus equipos electrónicos en desuso, esta empresa ha hecho un sondeo con base a los datos recolectados en ciertos sectores del cantón llegando a un estimado de 8-10 toneladas anuales de este tipo de desechos en todo el cantón tomando en cuenta productos electrónicos de hogar no necesariamente móviles, la estrategia de estas empresas consiste en recolectar cerca de una tonelada de desechos electrónicos mensuales para posteriormente poder exportarlos hacia Canadá en un 95% donde se podrán tratar con tecnología de punta (Tellez, 2017, p. 14).

## **1.2. Bases teóricas**

### ***1.2.1. Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)***

Con base a lo dispuesto por la RAEE de la Unión Europea (UE) se define como aparatos electrónicos a todos cuya manufactura y funcionamiento empleen una fuente de energía eléctrica que puede estar transmitida por medio de campos electromagnéticos o almacenadas en sistemas como baterías, estos aparatos están destinados a utilizarse como una tensión nominal no superior a 1500 voltios en corriente alterna y 1200 voltios en corriente continua, entre estos tenemos:

- Celulares
- Computadores
- Tablet
- Monitores
- Dispositivos electrónicos de oficina
- Electrodomésticos entre otros

Estos aparatos electrónicos por sus características una vez terminado su ciclo de vida deben ser tratados de manera especial pues sus componentes son de difícil degradación y algunos llegan a ser realmente nocivos y tóxicos para la salud de la población y los ecosistemas (Paucar et al., 2018, p. 13-16).

### ***1.2.2. Ciclo de vida de los AEE***

Dentro del ciclo de vida de los AEE estos parten desde la extracción de la materia prima necesaria para su manufactura y construcción, donde se determinará el uso y características que el equipo tendrá para a su vez brindar su funcionalidad, durante un tiempo estimado hasta que pierde sus propiedades iniciales y este falla o sufre daños que lo convierten en objetos con obsolescencia, sin embargo es preciso mencionar que en este punto se puede considerar que este aparato pueda ser reparado dándole un nuevo ciclo de vida aunque más corto hasta que finalmente se convierte un residuo que no mantiene ningún valor económico lo que involucra que estos sean llevados hasta su disposición final (Paucar et al., 2018, p. 13-16).

### ***1.2.3. Partes que intervienen en el ciclo de vida de los AEE***

Dentro de los actores que intervienen en los ciclos de vida de los AEE, estos engloban el sistema comercial de los mismos pues se encargan de la cadena y el ciclo de vida de estos aparatos es así como tenemos:

- **Productores:** conforman cualquier persona física o empresa encargada de la fabricación de los aparatos electrónicos.
- **Distribuidor:** Aquella que mantiene la cadena de distribución para la repartición de esos dispositivos en función a la demanda del mercado.
- **Usuarios:** Finalmente son los consumidores que obtienen los beneficios de estos aparatos electrónicos y quienes por lo general terminan desechando de mala manera estos residuos (Lafuente, 2015, p. 54).

### 1.3. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Se considera como residuo a todo elemento, material o sustancia que ha cumplido su ciclo de vida y que por sus características no puede volver a ser aprovechado por lo que es desechado o abandonado, específicamente la RAEE menciona que residuo o basura electrónica comprende todos los aparatos que han cumplido el objetivo para el cual fueron construidos, en virtud de la composición de este residuo será el tipo de tratamiento que deberá tener, así mismo los residuos son considerados como agentes negativos para los ecosistemas en general, en lugares donde la tasa de estos residuos son realmente elevadas provocan daños ambientales que llegan a ser irreparables (Sotelo et al., 2014, p. 48).

#### 1.3.1. Categorización de los RAEE

Si bien dentro de la normativa ecuatoriana para el manejo de desechos electrónicos la categorización de estos residuos es de manera general se toma como base la categorización realizada por la Directiva de la Unión Europea estos son clasificados en 10 categorías:

**Tabla 1-1:** Categorización de los residuos electrónicos

Grupo RAEE	TIPO
Grupo 1	Grandes electrodomésticos.
Grupo 2	Pequeños electrodomésticos.
Grupo 3	Equipos de informática y telecomunicaciones
Grupo 4	Aparatos electrónicos de consumo
Grupo 5	Aparatos de alumbrado
Grupo 6	Herramientas eléctricas y electrónicas.
Grupo 7	Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre
Grupo 8	Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados)
Grupo 9	Instrumentos de vigilancia y control.
Grupo 10	Máquinas expendedoras.

**Fuente:** (Sotelo et al., 2014, p. 48).

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En el país la clasificación general se base en las denominadas “líneas de consumo”, siendo estas; En la línea blanca tenemos aparatos que se utilizan en el hogar empleados en la preparación de alimentos, mantenimiento de la temperatura y limpieza, por ejemplo: lavaplatos, lavadoras, hornos y cocinas. En la línea marrón se incluyen aparatos audiovisuales como televisores, equipos de música y video. En la línea gris se incluye todo equipo utilizado en las tecnologías de la información y aparatos de comunicación por ejemplo computadores, periféricos y teléfonos móviles (Granda, 2017, p. 31).

### ***1.3.2. Composición y generalidades de los RAEE***

Dentro de la composición de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos estos se conforman de un sin número de materiales diferentes que van desde plásticos, goma, hasta la utilización de metales valiosos pero potencialmente peligrosos, un claro ejemplo son el plomo, la plata, el estaño y el oro que son necesario para conformar las placas electrónicas debido a su alta eficiencia en conducir cargas eléctricas y de transmitir estos impulsos eléctricos, si bien estos metales pueden ser reutilizados los mecanismos de extracción poseen una alta carga contaminante afectando en un principio al ambiente y la salud de las personas que laboran con esos desechos (Verdugo y Daveiba, 2021, p. 66-69).

Por lo general para la extracción no regularizada se emplea la quema de las placas electrónicas provocando que se generen gases con altas concentraciones de plomo, arsénico, selenio, cadmio y mercurio nocivas para la salud, de igual forma en residuos de carácter doméstico se destacan la presencia de plástico que al ser quemados emiten dioxinas (Verdugo y Daveiba, 2021, p. 66-69).

### **1.4. Descripción de los materiales con los que están compuestos los AEE**

- **Metales ferrosos:** Estos conforman la estructura de los aparatos electrónicos gracias a su relativa resistencia, maleabilidad se considera como uno de los desechos con mayor capacidad y viabilidad de reciclaje.
- **Metales no ferrosos:** Se caracterizan por tener un bajo peso molecular, y tener cierta resistencia las inclemencias climatológicas como los fenómenos de oxidación, dependiendo de su estructura y combinación con otros elementos pueden tener mayor o menor impacto para el ambiente entre estos tenemos al cobre el cual se puede reciclar infinitas veces sin que pierda sus propiedades mecánicas, el aluminio posee una reutilización del 100% no pierde sus capacidades originales es uno de los metales cuyo manejo adecuado genera un mínimo impacto ambiental, otros exponentes son el plomo y el estaño usados sobre todo para la conexión y soldadura de las placas electrónicas es resistente a la corrosión pero posee una



alta persistencia y no se degrada con facilidad por lo que lo convierte en un agente contaminante por excelencia.

- **Plásticos en general:** estos polímeros se utilizan para las partes externas del producto, de acuerdo con su composición química estos pueden ser más resistentes al envejecimiento y la intemperie (Ansin et al., 2022, p. 22).

#### 1.4.1. Composición química de los dispositivos electrónicos móviles

Los teléfonos celulares están conformados por alrededor de mil componentes estructurales que en conjunto hacen posible su funcionamiento, si bien es una tecnología que ha marcado un cambio radical en el modo de vida de la sociedad es preciso mencionar que desde la extracción o fabricación de estos materiales hasta la conformación como tal del dispositivo pueden en algún punto llegar a ser ellos perjudiciales para la salud y el medio ambiente entre ellos están el plomo, mercurio, cadmio, gases y plásticos; si estos materiales no son almacenados correctamente o no tienen un correcto procesamiento podrían ser quemadas y posterior liberar gases tóxicos que serán difundidos mediante el ciclo de la lluvia.

Un ejemplo de esto es el cadmio que con sólo una batería de celular es suficiente para contaminar 150 mil galones de líquido vital y la setentava parte de una cucharita de mercurio puede contaminar un lago cuya extensión es de ocho hectáreas, varios estudios confirman que dichos metales pueden ser dañinos para el cerebro y riñones entre demás órganos del cuerpo humano (Delgado, 2013, p. 7).

**Tabla 1-2:** Riesgos y peligros en función al tipo de elemento de desecho

MATERIAL	DAÑOS POTENCIALES SALUD HUMANA	DAÑOS POTENCIALES MEDIO AMBIENTE
<b>Bario (Ba)</b>	En concentraciones elevadas provoca debilidad muscular y un aumento significativo en la presión sanguínea, su exposición constate puede ocasionar daño hepático.	Puede acumularse en agua y suelo en incluso en especies marinas cuando estas las incorporan en sus cadenas alimenticias.
<b>Berilio (Be)</b>	Principalmente las sales de berilio que en constante exposición ataca directamente a los pulmones.	Algunos de los componentes del Berilio se disuelven en el agua, pero la mayor parte se adhiere al suelo.
<b>Cadmio (Cd)</b>	Provoca daño en los riñones y descalcificación de los huesos.	Poseen la capacidad de ser bioacumulativo tanto en especies animales como vegetales.
<b>Cromo (Cr)</b>	En concentraciones moderadas provocan daños a nivel del aparato respiratorio, en concentraciones altas dañan el ADN.	Bioacumulativo en órganos y tejidos.
<b>Mercurio</b>	Posibles daños cerebrales.	Bioacumulativo en órganos y tejidos.

(Hg)		
Níquel (Ni)	Puede afectar a los sistemas endocrinos, inmunológicos y respiratorios.	Provocan daño celular irreversible
Plomo (Pb)	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular.	Acumulación en el ecosistema generando daños en las especies vivas.

Fuente: (Sotelo et al., 2014, p. 48).

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 1.5. Mecanismos de gestión adecuada de los RAEE

Como se ha mencionado durante los párrafos anteriores este tipo de residuos deben ser gestionados de manera diferente frente a otros tipos de residuos más comunes, no solo por su potencial peligrosidad sino también por los recursos valiosos que contienen. Este tipo de residuos de no ser reciclados o bien desechados sin un tipo de control llegan a provocar impactos negativos sobre el ambiente y la salud.

Actualmente los países Europeos son líderes en el manejo de técnicas e infraestructura apta para el manejo de este tipo de desechos, conscientes de las desventajas que tienen sobre los ecosistemas y la vulnerabilidad de la salud de sus habitantes es que a nivel mundial sus políticas y leyes han sido base para ser transportadas y replicadas en otros países, se tiene un claro conocimiento que muchos de estos residuos electrónicos aún guardan cierto beneficio económico y social, tanto en la generación de empleabilidad para las micro empresas que se dedican al reciclaje, como otras que extraen de forma adecuada metales preciosos que dentro de estos dispositivos forman (Blandón et al., 2020, p. 34).

La implementación de un sistema de reciclaje y plantas de tratamiento están bajo ciertas iniciativas como la Resource Efficiency (Eficiencia de recursos) que se trata en utilizar los recursos de la Tierra de una manera sostenible y reducir al mínimo los impactos sobre el ambiente, desarrollando una economía circular (Circular Economy), la cual implica mantener productos y recursos en uso durante el mayor tiempo posible mediante la recuperación, reutilización, reparación y reciclaje. Esto incluye una mayor estabilidad económica, mediante una mejor utilización de los recursos protegiendo al ambiente y nuevas oportunidades de negocio y empleo con importantes beneficios económicos, la recuperación y correcta gestión de dichas sustancias ahorra además dinero y recursos en su proceso de extracción, una de las fases más agresivas con el medio ambiente. Recuperar los RAEEES requiere menos energía (10% menos en el caso del cobre) y se generan menos desechos (en potencia un 98% menos) que al extraerlos de la naturaleza, sin olvidar que muchos materiales (cobre, oro, plata o aluminio) son valiosos por sí mismos. (Ansin et al., 2022, p. 13).

### *1.5.1. Gestión de los RAEE en América Latina*

Según varios estudios se ha catalogado que los países que tienen problemas significativos a causa de la basura electrónica son en especial los ubicados en el continente africano, donde las actividades no controladas para la extracción inadecuada de estos componentes generan un riesgo para la salud de sus habitantes, así por ejemplo tenemos a países como Ghana, Sambia, entre otros. Lo que es destacable es la tendencia exponencial de la sociedad en la adquisición y posterior el desecho de teléfonos celulares, computadoras y demás dispositivos electrónicos en algunos casos sin que hayan terminado de completar su ciclo de vida, esto se ha convertido en una verdadera preocupación debido a que ciertos sectores no cuentan con un plan estratégico para reciclar estos aparatos electrónicos, un estudio realizado concluye que el 70 % de toda la población de Latinoamérica usa al menos un celular y debido a la nueva tecnología en telefonía celular estas mismas personas adquieren los nuevos aparatos desechando los modelos anteriores aunque estos estén en funcionamiento (Montilla y Campos, 2016, p. 18-22).

#### *1.5.1.1. Problemas ambientales y sociales asociados*

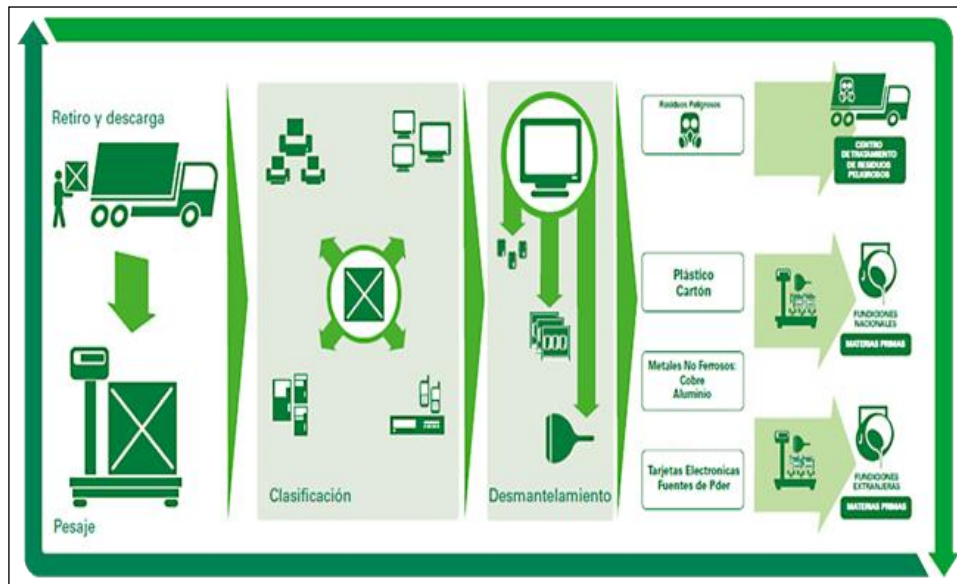
Por lo general los problemas ambientales de salud y sociales asociados al uso y consumo de estos dispositivos radica en la composición química que forman parte de su estructura tal es el caso de la presencia de metales como el mercurio, plomo y cadmio son sumamente contaminantes y perjudiciales para la salud, los más perjudicados son los recolectores de basura y cartoneros ya que tiene contacto con el desecho ya que sus componentes amenazan la salud de estas personas como por ejemplo el plomo en tubos de rayos catódicos y las soldaduras.

Los equipos electrónicos mientras se mantengan en buen estado no producen ningún tipo de riesgo asociado al impacto ambiental, sin embargo, cuando se los desecha y estos entran en contacto con el medio ambiente y se rompen los metales tóxicos que lo encuentran confirmando se desprenden del aparato llegando a ser mortales por su grado de toxicidad.

La vida útil de los aparatos electrónicos tiene un promedio de 10 años de uso sin embargo por la nueva tecnología que va apareciendo las personas adquieren nuevos modelos más actuales y los anteriores quedan en desuso en corto tiempo, se sabe que los aparatos electrónicos tienen en su composición selenio y el arsénico cuando estos llegan a ser fundidos liberan al medio ambiente toxinas sumamente perjudiciales para el ambiente como para las personas (Sierra, 2018, p. 11).

### 1.5.2. Reciclaje de dispositivos electrónicos

El reciclaje tiene varios escalones que inicia con la recolección de los desechos para luego ser transportado y almacenado para su tratamiento, los materiales que se obtienen se utilizan para elaborar nuevos productos y sacar el mayor provecho.



**Ilustración 1-1:** Diagrama proceso de reciclaje

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 1.5.3. Sistemas de recogida de RAEE

- **Recogida municipal:** Cada municipio tiene un periodo de tiempo determinado para recoger los aparatos eléctricos y electrodomésticos y los encargados son los camiones municipales que los almacenarán en contenedores específicos.  
Todos los materiales serán recolectados incluyendo los depositados en puntos limpios esto facilita el trabajo de un reciclador así los dispositivos electrónicos serán almacenados para luego ser clasificados y posterior dar un tratamiento adecuado.
- **Recogida comercial:** Hace referencia a la recolección de los dispositivos electrónicos con mayor proporción y parte de la línea blanca como cocinas, lavadoras, lavavajillas, lavadoras por esta razón cuando adquieren un electrodoméstico nuevo el que va a ser reemplazado muchas de las veces es recogida por los propios distribuidores.
- **Recogida directa:** Este tipo de recolección la realizan los pequeños chatarreros, su función es retirar estos equipos de las zonas donde han sido abandonadas (Gallego, 2015, p. 46).

#### ***1.5.4. Proceso de tratamiento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos***

Para salvaguardar la integridad de las personas se deberá tener un correcto tratamiento de los aparatos eléctricos y electrónicos por tanto deberá extraerse de forma adecuada y por el personal competente las pilas, acumuladores, tarjetas de circuito, tubos fluorescentes o gases refrigerantes. Seguido de este proceso todo el material restante será trasladado hasta plantas de tratamiento donde se podrá aprovechar de sus diferentes componentes como los materiales metálicos que después de ser clasificados serán enviados hasta empresas dedicadas a la siderometalúrgica, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que no tengan la necesidad de someterse al tratamiento exclusivo serán enviados a cumplir con procesos de fragmentación y medios densos (Macias et al., 2022, p. 22).

#### ***1.5.5. Fragmentación almacenamiento y recepción***

##### ***1.5.5.1. Entrada del material***

Una vez que el material llegue a la planta de reciclaje se procederá en orden con los siguientes pasos: recepción, preparación, separación, trituración, clasificación, expedición de todo el material.

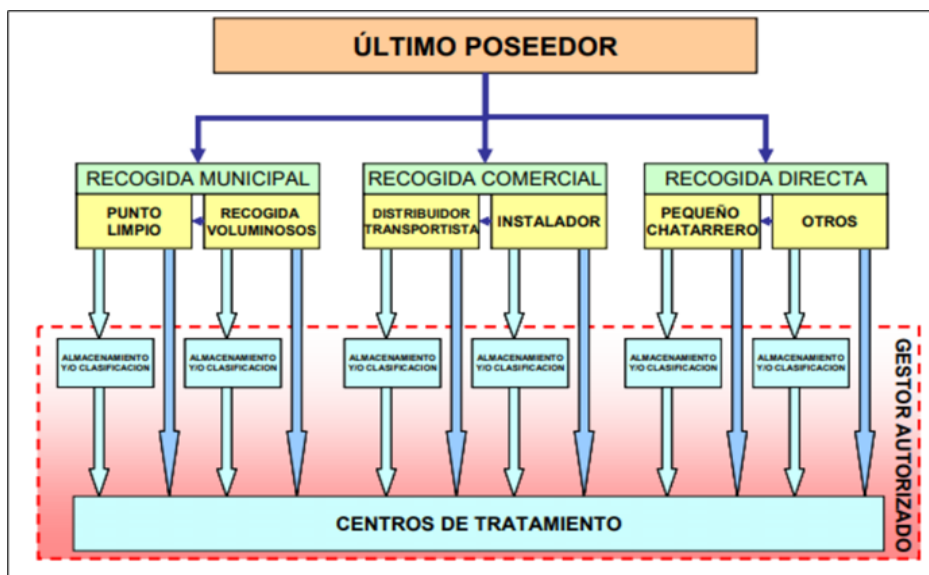
##### ***1.5.5.2. Descarga y clasificación***

Todo el material que ingresa será sometido a un control por parte del personal que receipta el material según la calidad, este material será descargado en un lugar adecuado habituado exclusivamente para este material y únicamente ingresa la mercadería para el cual se disponga la autorización el resto de materiales que no son parte de este ciclo son separados y enviados hacia otros centros especializados en este tipo de manejo de materiales o bien para realizar un subproceso de reciclaje dependiendo de las cualidades de estos desechos este paso cuenta con las siguientes etapas:

- Alimentación del material a reciclarse
- Fragmentación del material
- Corrientes de aspiración
- Separación magnética
- Clasificación automática
- Triage manual (Velosa y Rolón, 2016, p. 13).

### ***1.5.6. Etapas del proceso de fragmentación***

- **Alimentación del material:** Esta acción se realiza por medio de un dispositivo de carga que está conformado de una grúa fija y un brazo articulado que se encarga de recoger el material y llevarlo hasta la toma o boca de la máquina fragmentadora para posteriormente ser llevada hacia la zona de fragmentación.
- **Fragmentación del material:** El material a continuación pasará por unos rodillos que compactaran estos materiales mientras gira el rodillo para luego pasar a la cámara de fragmentación dónde está formado por el molino de martillos el cual golpea todo el material hasta que este quede de un tamaño adecuado y puedan salir por los orificios que se sitúa en la parte inferior donde se conectará a la cinta transportadora que llevará el material adecuado hasta la siguiente etapa.
- **Corrientes de aspiración:** La separación de los materiales no metálicos ligeros se produce mediante un sistema de expulsión de aire por tubería por medio de golpeo el cual provoca el desprendimiento de estas partículas que circulan por el aire de aspiración en contracorriente al finalizar los restos se depositarán en una bandeja vibratoria hasta conectarse con el sistema transportadora que llevará el material hacia el exterior para este punto dicho material tomara el nombre de residuo ligero.
- **Separación magnética:** Mediante un tambor magnético se separan los restos férricos del resto de materiales, los restos férricos quedan atrapados estos son depositados en una cinta transportador para ser conducida hacia la zona de triaje manual mientras que el material no férrico es acumulado en una cinta transportadora que lleva el material a un proceso extra de clasificación.
- **Triaje manual:** Aquí se realiza una clasificación manual de los elementos no férricos de los férricos que pudieron haberse quedado atrapados durante todo el proceso. Los materiales férricos son transportados hacia la industria siderúrgica mientras que los materiales no férricos son enviados a instalaciones de medios densos (Sierra, 2018, p. 27).



**Ilustración 1-2:** Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de los RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

## 1.6. Marco legal

### TÍTULO II

### DERECHOS

#### Capítulo segundo

#### Derechos del buen vivir

#### Sección segunda Ambiente sano

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

#### Sección sexta

#### Hábitat y vivienda

**Art. 31.-** Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

## **Capítulo séptimo**

### **Derechos de la naturaleza**

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

## **TÍTULO VII**

### **RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

#### **Sección segunda**

##### **Salud**

**Art. 361.-** El Estado ejercerá la rectoría del sistema a través de la autoridad sanitaria nacional, será responsable de formular la política nacional de salud, y normará, regulará y controlará todas las actividades relacionadas con la salud, así como el funcionamiento de las entidades del sector.

#### **Capítulo segundo**

##### **Biodiversidad y recursos naturales**

###### **Sección primera Naturaleza y ambiente**

**Art. 396.-** El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

###### **Sección séptima**

###### **Biosfera, ecología urbana y energías alternativas**

**Art. 415.-** El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes(CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).



### ***1.6.1. Acuerdo Ministerial 190***

#### **Registro Oficial Suplemento 881 de 29-ene.-2013**

**Estado: Vigente**

#### **POLÍTICA DE POST CONSUMO EQUIPOS ELÉCTRICOS EN DESUSO MINISTERIO DEL AMBIENTE**

**Artículo 14.-** reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*, y declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;

Que, el artículo 66 numeral 27 de la Constitución de la República del Ecuador, determina que se reconoce y garantizará a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Que, el artículo 73 inciso primero de la Constitución de la República del Ecuador, manifiesta que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales; Que, el Convenio de Estocolmo, sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), ratificado el 7 de junio del 2004 por el Ecuador, tiene como objetivo determinar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción, producción no intencional y utilizaciones intencionales de los contaminantes orgánicos persistentes. Una gran variedad de compuestos bromados, catalogados como COPs, han sido utilizados como aditivos en las carcasas, tarjetas, entre otros componentes de los equipos eléctricos y electrónicos, y por tanto se encuentran presentes luego de finalizada su vida útil (ACUERDO MINISTERIAL 190, 2015).

### ***1.6.2. Política Nacional de Post-Consumo de Equipos Celulares***

Preocupados por la comunidad y el medio ambiente el Ministerio del Ambiente junto con el Comité de Comercio Exterior, algunas empresas telefónicas y recicladores de equipos celulares a través del programa de desechos sólidos ponen como prioridad acoger la política Nacional de Post consumo de equipos celulares que estén en desuso.

Mediante un estudio realizado por NOKIA se concluye que de un millón de celulares se puede extraer 35.274 libras del material cobre, 772 libras de plata, 75 libras de oro y 33 libras de paladio. El objetivo principal de la Política Nacional Posconsumo de aparatos celulares es sembrar la responsabilidad para todos quienes adquieren un celular ya sea el que importa como el que adquiere para de esta forma mejorar el impacto ambiental una de las ideas para que esto suceda es que los fabricantes recuperen los dispositivos que están sin utilizar.

El compromiso de este principio va enfocado principalmente para los dispositivos que no están en uso es decir que los fabricantes junto con la autoridad ambiental implementarán el método de recolección de los equipos celulares en desuso para un correcto reciclaje de esta manera los fabricantes serán responsables de todo el ciclo de vida del celular.

En la actualidad encontramos 33 importadores y distribuidores de dispositivos telefónicos de los cuales únicamente 25 han sido registrados en el Ministerio del Ambiente y han cumplido con el objetivo antes descrito.

Los desechos especiales son aquellos que contengan algún tipo de material corrosivo, tóxico, inflamable, infecciosos, radioactivo como por ejemplo las baterías de los celulares cuando están en desuso (Mora, 2020, p. 5).

### **1.7. Procesos del sistema de gestión de celulares en desuso**

- **Cosecha y transporte de celulares en desuso:** Se debe implementar un plan para la recolección de este material en desuso dicha responsabilidad será del importador y el gestor ambiental autorizado sin embargo los corresponsables para que este plan se cumpla con éxito serán tanto las empresas de telefonía móvil sus distribuidores locales comerciales y usuarios.
- **Almacenamiento:** El gestor ambiental se encargará de localizar un sitio correcto para almacenar todos los dispositivos en desuso recuperados.
- **Separación:** Actualmente en Ecuador únicamente se realiza el desensamblaje primario es decir la separación de la batería y carcasa el resto del material será enviado a países como Canadá y Bélgica donde terminan el proceso del reciclaje.
- **Reutilización:** En este nivel es donde se identifican piezas que pueden ser rehusadas o convertidas en materia prima para la fabricación de un nuevo producto.
- **Tratamiento y disposición final:** El material que no puede ser procesado para darle un nuevo uso y están catalogados como peligrosos son almacenados en sitios aprobados por lineamientos ambientales internacionales en Ecuador no se realiza las dos últimas fases (Díaz et al., 2021a, p. 11-14).

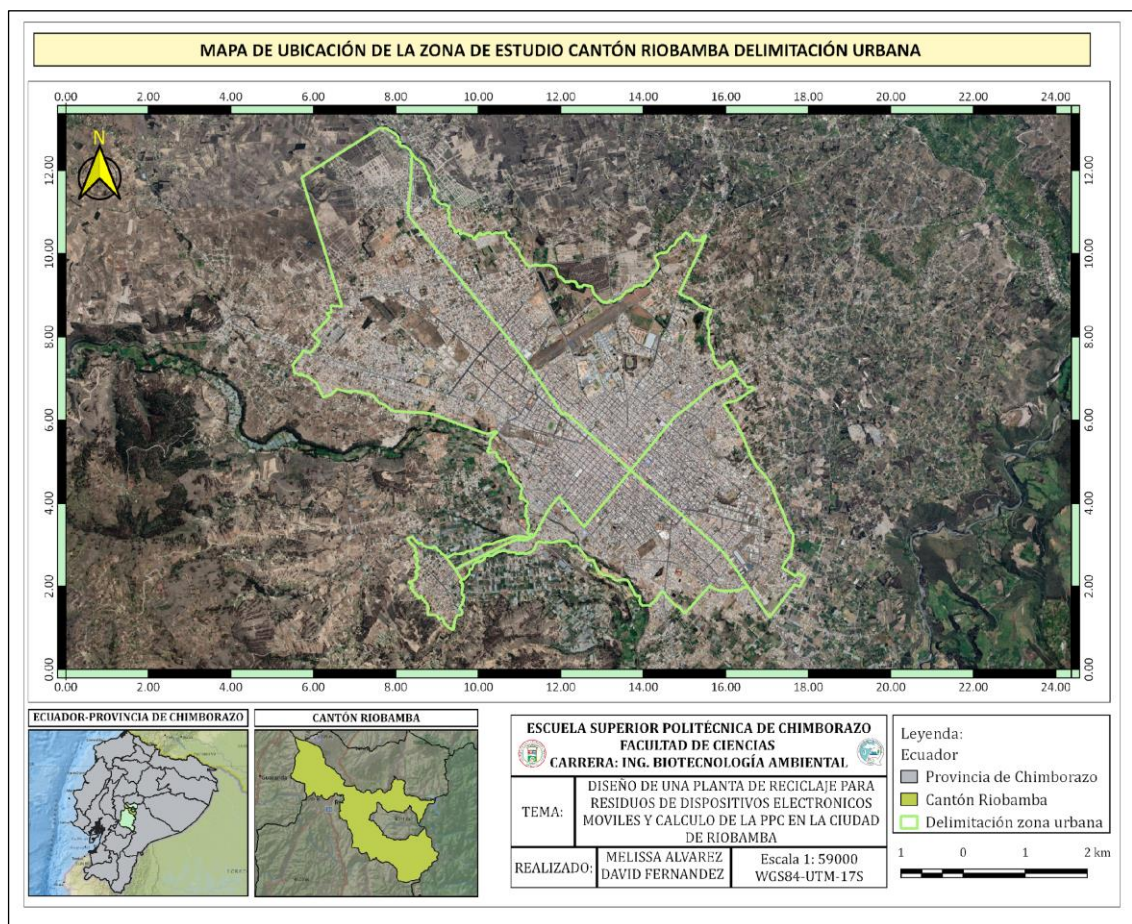
## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Localización del estudio

El desarrollo del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Cantón Riobamba, correspondiente a la provincia de Chimborazo con coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Longitud:  $078^{\circ}38'49.63''$  · Latitud:  $S1^{\circ}40'15.53''$ , sus límites al Norte por los cantones Guano y Penipe; al Sur por los cantones Colta y Guamote; al Este por el cantón Chambo, posee una extensión de 59.05 km<sup>2</sup>

**Nota:** cabe mencionar que el área de estudio corresponde a la parte urbana del cantón donde se concentra la mayor cantidad de residuos de dispositivos móviles.



**Ilustración 2-1:** Mapa de ubicación de la zona de estudio-RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

## **2.2. Tipo y diseño de la investigación**

Con base a los criterios manejados dentro de este estudio y acorde al alcance y variables que se han propuesto se ha definido el tipo de investigación como: Según el manejo y manipulación de las variables es experimental dado que estas dependen mucho de la cantidad y tipo de residuo digital móvil que se ha datado. De acuerdo con el método de investigación este es de carácter mixta ya que abarca un periodo de investigación tanto cuantitativo como cualitativo incluyendo información importante sobre las características del residuo su volumen, su tratamiento entre otros

### **2.2.1. Por el tipo de investigación**

El presente trabajo posee tintes investigativos y por ende es esencial el planteamiento de las hipótesis de trabajo y la formulación del problema con base a las variables que se han barajado, considerando lo antes mencionado por el tipo de investigación es explicativa puesto que engloba la recolección de datos y posterior análisis para formular nuestros criterios y conclusiones que deriven en los resultados frente al problema que se ha planteado.

### **2.2.2. Por el diseño de investigación**

Según el diseño de la investigación esta llega a ser de tipo exploratoria puesto que se plantean inferencias en función a las hipótesis y a su vez se busca solucionar el problema planteado, finalmente esta investigación tiene como sustento combinar la parte en campo y la capacidad de resolutive, en campo en vista que se recabó información de los principales residuos electrónicos generados en la ciudad y sus componentes y resolutive puesto que se esbozó la puesta en marcha de una planta de reciclaje en función a su factibilidad técnica económica y ambiental.

#### **2.2.2.1. Unidad de análisis**

Zona generalmente urbana del cantón Riobamba donde se concentra la mayor cantidad de residuos electrónicos.

#### **2.2.2.2. Población de estudio**

Engloba a todas las personas del cantón Riobamba que activamente poseen o manejan dispositivos móviles en su cotidiano vivir.

### *2.2.2.3. Criterios para el establecimiento de la población de estudio*

Los criterios para el establecimiento de la población de estudio se basaron en las necesidades y variables consideradas durante esta investigación.

- Accesibilidad a la zona de estudio
- Gan concentración comercial de dispositivos electrónicos
- La zona posee ciertos lugares dedicados al reciclaje por lo que es fuente directa para recabar información.

## **2.3. Proceso de caracterización de los principales residuos electrónicos en la ciudad de Riobamba**

### *2.3.1. Recolección de datos e información*

Para la recolección de la información esta se dividió en dos grandes ejes el primero en la recolección de fuentes de información de datos estadísticos suministrados por el INEC, Ecuador en cifras y demás documentación relacionada al tema de investigación (INEC, 2010).

## **2.4. Indicadores de desarrollo y acceso a la tecnología en la ciudad de Riobamba**

### *2.4.1. Situación social*

La ciudad de Riobamba de acuerdo al último censo realizado en el 2010 alcanzaba una población promedio de 260 mil habitantes (47,8% hombres, 52,2% mujeres), con una edad promedio comprendida entre los 29-35 años, el fascículo provincial de Chimborazo también nos brindó datos importantes tales como el número de habitantes con acceso a un dispositivo móvil o electrónico en este caso se tuvo un aproximado para esos años de que existían 174.274 celulares, 50.972 computadoras, 25.264 suscriptores de internet y 28.664 suscriptores de televisión por cable siendo la tecnología de información y comunicación más utilizada por la población en este año fue el teléfono celular, como se puede apreciar la mayoría de la población de la zona de estudio posee al menos 1 dispositivo electrónico, tomando en cuenta el tiempo de vida de estos aparatos el promedio por persona de dispositivos vigentes o que estén dañados puede ascender hasta 5 dispositivos promedios que por lo general suelen ser guardados o depositados de mala manera sin las normas técnicas adecuadas (INEC, 2010).

#### **2.4.2. Situación económica**

Riobamba es una ciudad altamente productiva de comercial su posición geográfica, capacidad agrícola e industrial lo ha situado entre las pioneras en la zona centro del país es así como los datos de censo del 2010 cerca del 46,8% de la población era económicamente activa. Lo que a su vez derivó a que al menos contaban con uno o dos dispositivos móviles y una pequeña parte cerca de la 7,11% de la producción poseía un acceso a herramientas tecnológicas variadas y que eran renovadas de forma periódica.

#### **2.5. Técnicas de recopilación e interpretación de datos**

Se realizaron 110 encuestas tomando en consideración la ecuación correspondiente y los datos de población económicamente activa dentro de la urbe de la ciudad

En donde:

$$n = \frac{z^2 \cdot N \cdot P \cdot Q}{(N - 1) \cdot e^2 + z^2 \cdot P \cdot Q}$$

N – Tamaño de la población objetivo

n – Tamaño de la muestra con respecto del universo – Grado de error (1% - 5%)

P – Grado de probabilidad de que un sujeto sea tomado en cuenta dentro de la muestra

Q – (1 - P)

z – Nivel de confianza

Las 110 encuestas englobaron el tamaño total de la muestra con respecto a la población, el nivel de confianza alcanza el 95% con un sesgo de error del 5%, el tamaño de la población que se empleó fue de 110,820 habitantes en el sector más central de la ciudad, datos tomados del último censo aplicado a nivel nacional en el 2010, a su vez el rango de edad de los encuestados partió desde los 12 hasta los 64 años edad promedio en el que según el INEC esta población hace uso de dispositivos móviles.

#### **2.6. Diseño de la encuesta**

La encuesta aplicada constó de 11 preguntas, dividida en 4 secciones, el primer bloque de preguntas 1,2,3 hace referencia a datos personales el segundo bloque conformado por las preguntas 4,5,6,7 indaga sobre el conocimiento de los RAEE en el cantón, el antepenúltimo bloque con las preguntas 8,9 hace referencia al uso de celulares u otros dispositivos electrónicos móviles, finalmente el cuarto bloque con las preguntas 10,11 sobre los tratamientos, programas, uso y disposición finales de estos residuos

### 2.6.1. Aplicación de encuestas y visitas de los centros de reciclaje de la ciudad

El objetivo de aplicación de la encuesta fue determinar cuáles son los RAEE que se generan en mayor cantidad en la ciudad de Riobamba, así como determinar qué tipo de manejo se está realizando. Los datos obtenidos nos brindaron información para estimar la cantidad de celulares y dispositivos similares que posee la población actual, el manejo de estos y su disposición final. Cabe mencionar que las encuestas aplicadas estuvieron direccionadas tanto a la población en general para conocer la percepción que tienen frente a estos residuos, y a las empresas de reciclaje para el apartado de volúmenes y flujo de estos residuos.

**Tabla 2-1:** Categorías tomadas para la realización de la encuesta

	Categorías	Equipos
1	Electrodomésticos	Lavadoras Cocinas, Microondas etc.
2	Equipos de telecomunicación e informática	Computadoras de escritorio Computadoras portátil, Teléfonos celulares entre otros.
3	Aparatos electrónicos de consumo masivo	Rádios Televisores, Consolas portátiles

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

### 2.7. Caracterización de los residuos electrónicos y cálculo de la PPC

Para la caracterización de los residuos electrónicos se procedió a la visita técnica a las principales empresas de reciclaje de la ciudad: RESIPEL CIA LTDA, Recarpel, Centro de reciclaje GMB 080. Los datos proporcionados por este tipo de empresas fueron aprovechados para determinar la producción per cápita de estos residuos, así como su caracterización física.

Durante la visita técnica se aplicó una breve entrevista para la recolección de información acerca de esta actividad, cuáles son los principales residuos electrónicos con los que mayor frecuencia se encuentra.

#### 2.7.1. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para la verificación y corroboración de los datos obtenidos por las encuestas se emplearon pruebas estadísticas y el uso de diagramas y gráficas que ejemplifique de manera más didáctica el trabajo que se ha venido realizando.

### 2.7.2. Cálculo del ppc para los residuos dispositivos electrónicos móviles

Se empezó con la toma de datos de los registros de pesos obtenidos en los centros de reciclaje durante los últimos meses, este peso representó (Wt) la cantidad de basura electrónica diaria generada por la población urbana.

En función a los datos obtenidos sobre el número de personas por vivienda determinadas por el INEC, se obtuvo el número de personas que han intervenido en el muestreo (Nt).

Finalmente, para la obtención de la generación per cápita PPC diaria promedio se dividió el peso total de los residuos electrónicos (Wt) entre el número total de personas ejemplificado en la siguiente ecuación.

$$PPC = \frac{\text{Peso total de residuos electrónicos (Wt)}}{\text{Número total de personas (Nt)}}$$

El cálculo de la PPC nos brindó una idea importante a la hora del dimensionamiento de la planta de reciclaje y el volumen estimado a futuro en la producción de este tipo de residuos, finalmente con este apartado se completó la parte investigativa para posteriormente ingresar a la fase técnica y de diseño.

### 2.7.3. Caracterización física de componentes de los residuos electrónicos

Durante la caracterización de los componentes de los aparatos electrónicos se tomaron en consideración las partes reciclables de cada dispositivo, entre los principales dispositivos que se determinaron fueron teléfonos celulares, computadores, tabletas entre otros la división de estos componentes manejó los siguientes criterios técnicos.

**Tabla 2-2:** Categorización de los RAEE en función a sus propiedades

Categoría		Descripción
Categoría de desechos que se deben controlar	Y10	Productos que contengan bifenilos policlorados (PCB)
	Y21	Compuestos de cromo hexavalente.
	Y22	Compuestos de Cobre.
	Y23	Compuestos de Zinc.
	Y26	Compuestos de cadmio.
	Y31	Compuestos de plomo.
Desechos peligrosos	A1180	Desechos electrónicos con presenciade baterías.
Desechos no catalogados peligrosos.	B1010	Desechos de metales y de aleaciones de metales que pueden ser aprovechados entre estos se destaca: hierro y acero, cobre, níquel, aluminio zinc, estaño, tungsteno, molibdeno entre otros.
	B1070	Desechos de cobre y sus aleaciones.



	B1110	Montajes eléctricos o electrónicos, incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables, destinados a una reutilización directa y no a la eliminación final.
	B1115	Desechos con aislamiento de plásticos
	B3040	Desechos de caucho y similares.

**Fuente:** (Gamarra, 2019, p. 13)

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

#### ***2.7.4. Diseño de la planta de tratamientos para residuos electrónicos***

Conforme los objetivos planteados dentro este estudio se encuentra el diseño piloto de una planta de reciclaje de residuos electrónicos, dicha planta se evaluará conforme los aspectos técnicos, ambientales y de procesos, es así como se ha considerado dividir las fases de diseño desde las consideraciones previas hasta los equipos y establecimiento de la planta de reciclaje.

#### ***2.7.5. Consideraciones previas para el establecimiento de la planta de reciclaje de dispositivos electrónicos***

##### *2.7.5.1. Fase de recopilación*

Esta fase correspondió a la obtención de información previa, fichas técnicas relacionados con el proyecto referentes al diseño de plantas de reciclaje, sistema de mecanismo, herramientas, materiales de ingeniería entre otros, se indagó información acerca de propuestas ya ejecutadas en otros países para poder ser adaptadas a nuestro medio local.

##### *2.7.5.2. Fase de diseño*

La fase de diseño de la planta tomará en consideración el área de establecimiento de la planta, la superficie la maquinaria empleada y el diagrama de flujo de proceso, es necesario mencionar que dentro de este trabajo investigativo no se ahondará mucho en los cálculos de eficiencia y consumo energético de cada maquinaria, por lo contrario, se hizo una breve descripción del sistema su funcionamiento y sus características más importantes, la fase de diseño mostrará un panorama general de las áreas y disposiciones de la planta de reciclaje ajustada al tipo de productos y residuos generados dentro de la ciudad de Riobamba, es claro recalcar que se deberá en un futuro tomar este trabajo como base para un dimensionamiento mucho más acorde.

### *2.7.5.3. Subfase de cálculo*

Esta fase albergó todo lo referente a los cálculos más importantes para el funcionamiento de sistema como son volúmenes, tiempos, velocidades, pesos entre otros, se incluyó en la fase de diseño el dimensionamiento y las áreas con las que contará la planta de reciclaje de dispositivos electrónicos.

### *2.7.5.4. Subfase de dibujo*

Correspondió a todo lo relacionado con el desarrollo de los planos y su dimensionamiento, detallando de forma más didáctica el flujo de trabajo de la planta, sus principales componentes y detalles esenciales que involucran el proceso de reciclaje.

### ***2.7.6. Delimitación del área de establecimiento de la planta***

Para la delimitación del espacio de instalación de la planta matriz para reciclaje de dispositivos electrónicos se consideraron aspectos ambientales, sociales y de accesibilidad, sin embargo el lugar seleccionado se basa a los criterios generales descritos dentro de este trabajo de investigación, por lo cual para futuros trabajos se deberá indagar de mejor manera si el área cuenta con todos los aspectos de ingeniería requeridos por la normativa vigente, es así que a manera general para el establecimiento de la planta se consideraron aspectos tales como:

- Superficie o área grande
- Accesibilidad a vías de transporte
- Cercanía al área urbana de la ciudad
- Consideraciones ambientales como el no establecimiento de zonas vulnerables o cercanas a fuentes hídricas etc.

### ***2.7.7. Diagrama del flujo de proceso de la planta***

Finalmente se resumió el proceso de reciclaje mediante un diagrama de flujo en el que se incluyó cada una de las zonas operativas desde la llegada del camión con los residuos, su pesaje y su posterior tratamiento y disposición final, acompañado de este se relacionarán los planos realizados con el fin de ejemplificar el funcionamiento del sistema de forma adecuada y certera.

### ***2.7.8. Plan de reciclaje de componentes electrónicos en la ciudad de Riobamba***

Con la finalidad de cumplir el tercer y último objetivo el consiste en la propuesta de mecanismos de reciclaje de componentes electrónicos encaminados a la reducción del impacto ambiental provocado por estos residuos.

Se partió por detallar un plan de manejo responsable de estos residuos en los hogares y la manera correcta de darles una disposición final adecuada, de la misma manera se describieron puntos importantes tales como la participación de los gobiernos seccionales y la ciudadanía para la generación de estas capacitaciones y planes de recolección y aprovechamiento responsable de estos residuos.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Caso de estudio

En el país existen alrededor de 26 millones de teléfonos celulares y con una proyección de casi 200 mil unidades por año, de los cuales 16 millones se encuentran vinculados a los servicios de telefonía celular y alrededor de 8 a 10 millones de dispositivos se encuentran fuera de servicio (INEC, 2010).

Es así como cada año la tendencia en la demanda de dispositivos móviles se ha visto acrecentado, la necesidad de reemplazar estos dispositivos ha provocado que ya sus desechos se consideren como fuente de una problemática ambiental, en el cantón Riobamba aún no se cuenta con una normativa vigente que normalice el correcto procedimiento de desecho de estos residuos ni de sus componentes tales como baterías y sus dispositivos secundarios como cargadores, audífonos, cables USB, etc.

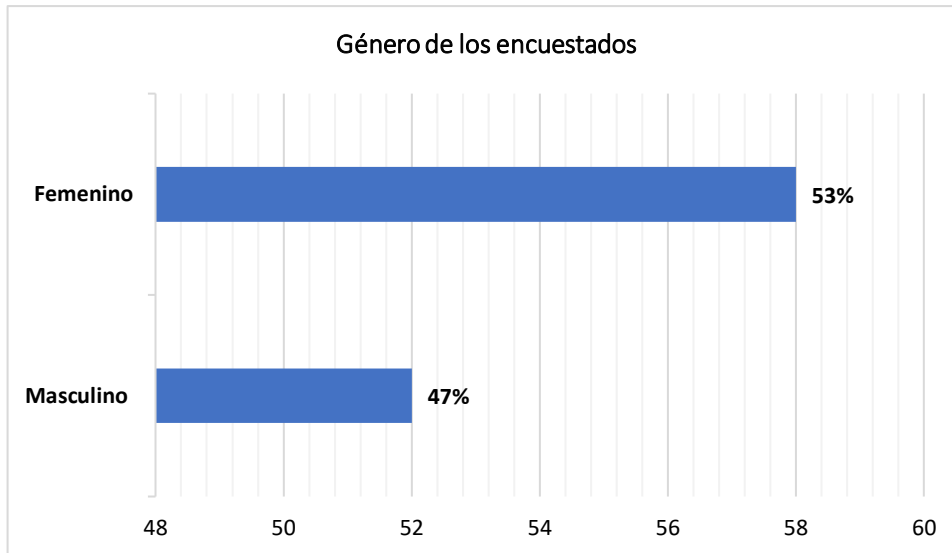
Aún no se tiene un panorama claro de los tratamientos ni el tipo de disposición que deben tener estos residuos al terminar su vida útil, basándonos en que no existen programas de reciclaje de este tipo de residuos más bien que en su mayoría son guardados en los hogares o desechados juntos con los residuos domésticos está trayendo consigo una problemática ambiental de consideración (Garabiza et al., 2021, p. 28).

#### *3.1.1. Resultados de la aplicación de la encuesta y percepción de la población sobre los residuos electrónicos*

La encuesta fue aplicada a un total de 110 personas, dicha información pasó a ser tabulada en Excel siguiendo las directrices del libro de códigos, la base de datos generada fue exportada y representada de forma gráfica, se emplearon gráficos de barras cruzadas para relacionar las variables de cada ítem obteniendo 12 gráficas por cada pregunta.

#### *3.1.1.1. Componente sociodemográfico y ambiental*

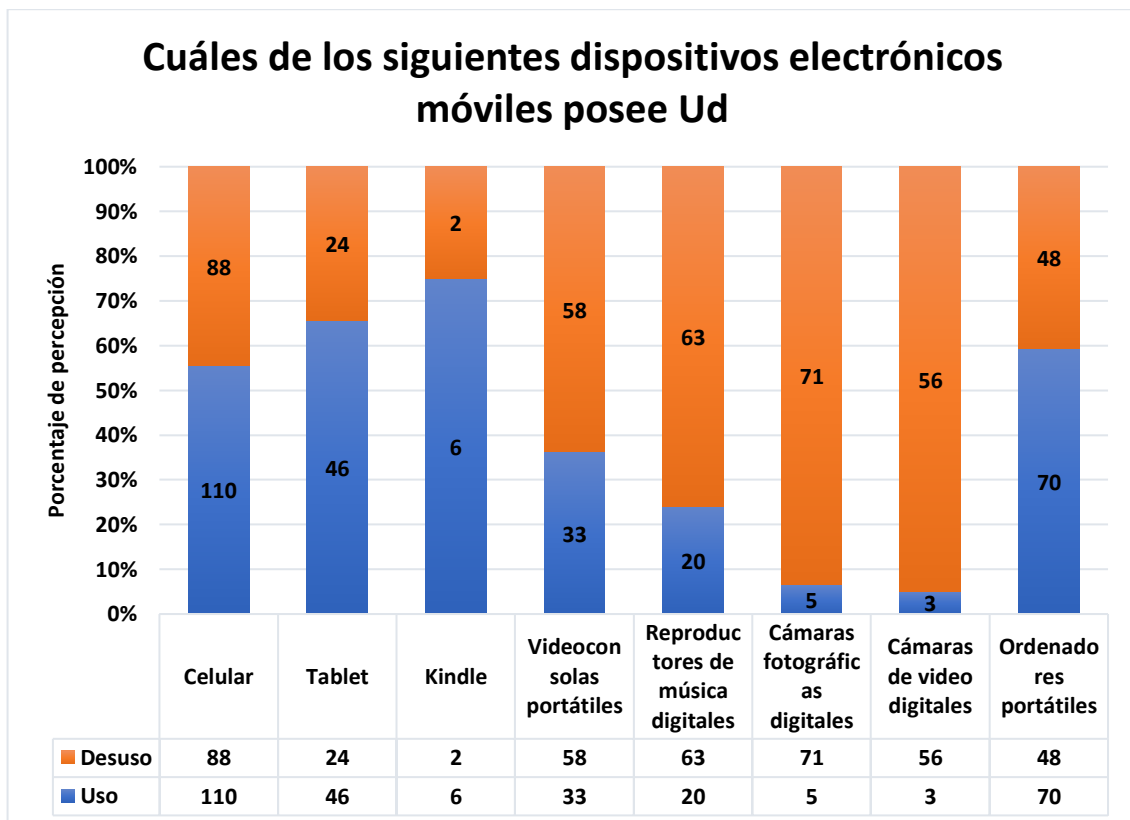
Se aplicaron las 110 encuestas correspondientes dentro del estrato urbano del cantón de Riobamba teniendo así los siguientes resultados, Del total de encuestados el 53% corresponde al género femenino, mientras que el 47% restante al masculino, además no se registró individuos que se identifique con un tercer género.



**Ilustración 3-1:** Resultados género de los encuestados

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

3.1.1.2. *Componente adquisición uso o empleo de los dispositivos electrónicos*



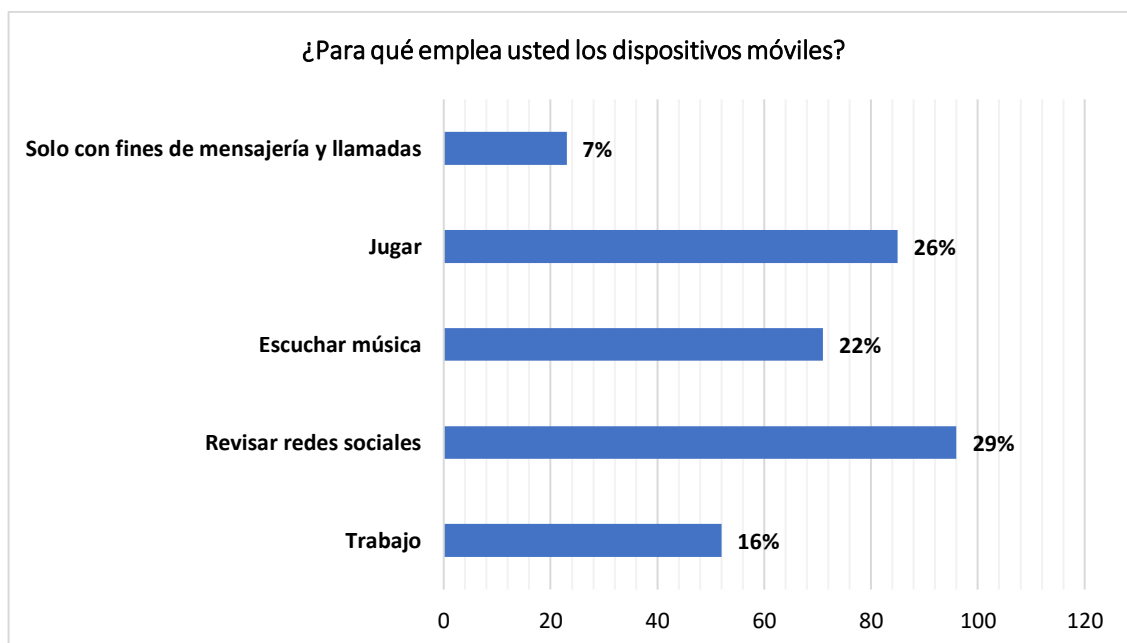
**Ilustración 3-2:** Resultados adquisición uso y empleo de los dispositivos electrónicos

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

Cabe mencionar que dentro de los 110 encuestados para esta pregunta se tomó en consideración no solo el dispositivo móvil actual si no aquellos que ya los mantenían sin funcionamiento es así como los resultados fueron que los dispositivos celulares fueron quienes mayor cantidad existían con 110 dispositivos en uso actual lo que corresponde al 100% de las personas encuestadas y que a su vez mencionaron que aparte tenían dispositivos dañados o sin usarse alrededor de un 88%. Para el caso de las tabletas 46 personas mencionaron poseer este dispositivo en uso y 24 en desuso. Para el caso de los Kindle solo 6 personas tenían este dispositivo funcional y 2 sin funcionamiento. En el caso de reproductores digitales de música, cámaras fotográficas y de video, estas mantuvieron una tendencia a la baja en su uso y en la mayoría lo tenían si bien funcionales ya no eran empleadas teniendo 63 dispositivos en desuso y 20 en uso para los reproductores musicales, cámaras digitales con 71 dispositivos en desuso y 5 en uso y para cámaras de videos digitales 56 en desuso y 3 en uso.

Finalmente, los ordenadores portátiles se ubicaron en el segundo lugar de dispositivos más empleados, teniendo una accesibilidad de 70 encuestados quienes hacían uso y 48 laptops que se encontraban dañadas o ya sin uso.

### 3.1.1.3. *Uso de los dispositivos electrónicos*

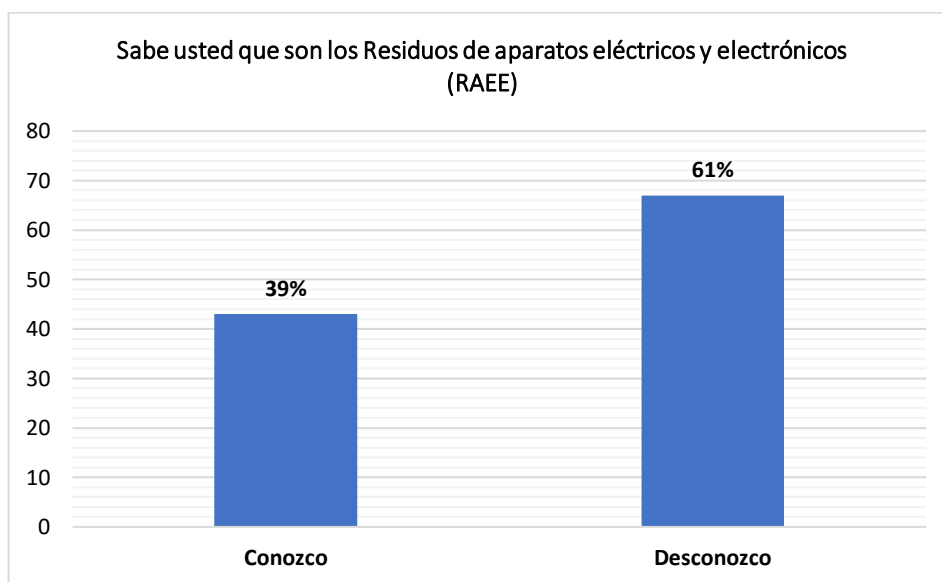


**Ilustración 3-3:** Resultados usos de los dispositivos móviles

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

En cuanto a la percepción de para que son empleados los dispositivos móviles 96 encuestados manifestaron que emplean sus dispositivos para revisar redes sociales y ocio alcanzando un 29% de la muestra, seguido de un 22% de las personas quienes usaban estos dispositivos para jugar, en el caso de escuchar música 71 personas indicaron que usan dispositivos electrónicos con este fin alcanzando el 22%. En tanto que 52 personas correspondiente al 16% del total de encuestados dijeron que emplean estos dispositivos en sus trabajos como material de oficina, finalmente 23 personas expusieron que tienen dispositivos móviles básicos que sólo los emplean con fines de mensajería y llamadas alcanzando el 7% de la muestra.

#### 3.1.1.4. Conocimiento sobre los residuos electrónicos móviles



**Ilustración 3-4:** Resultados sobre los residuos de aparatos electrónicos

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En referencia a si los entrevistados conocen sobre qué son los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) el 39% de encuestados manifestaron que conocían del tema y que incluso habían participado en alguna campaña de reciclaje, en tanto que la mayoría con un 61% supieron indicar que no sabían nada sobre la generación de estos residuos o bien si se consideraba a estos residuos como RAEE.

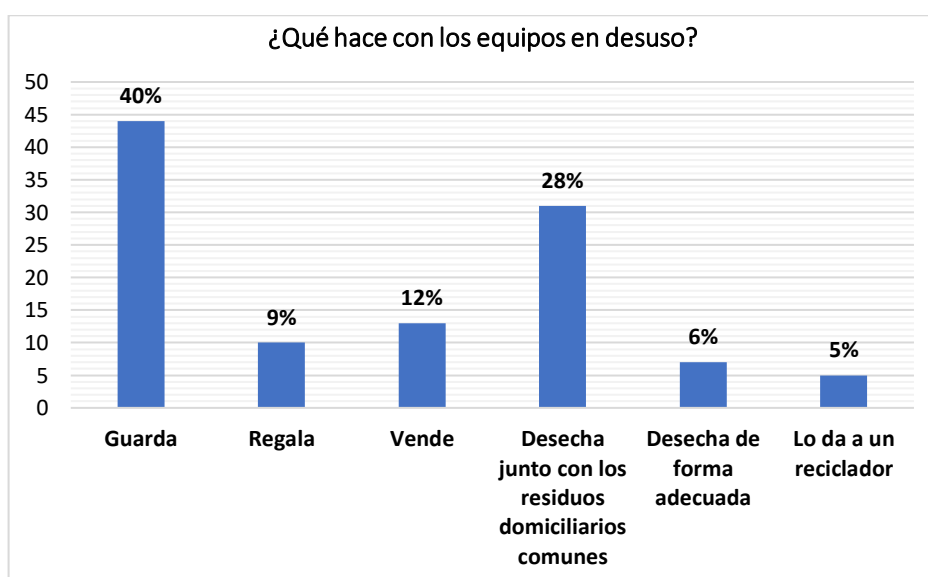
Los resultados mostrados muestran la tendencia en general sobre el desconocimiento en materia de reciclaje y tratamiento de estos residuos, gran parte de la gente desconoce del tema y es lo que provoca que estos residuos lleguen afectar de mala manera al medio ambiente, contrastando con lo mencionado por (Díaz et al., 2021a, p. 42).

El creciente desconocimiento en materia de tratamiento de estos residuos es lo que ha provocado daños ambientales sobre todo en los lugares donde estos residuos llegan a tomar contacto con fuentes de agua, procesos de oxidación, presencia de materiales contaminantes y nocivos afectan de forma irreversible en el equilibrio ecosistémico, de ahí la gran importancia de inculcar desde el hogar sobre el conocimiento tratamiento, reciclaje y disposición final de estos aparatos.

### 3.1.1.5. Conocimiento sobre el uso posterior de los dispositivos móviles

Con lo que respecta a la disposición final de estos dispositivos, los resultados marcaron una tendencia marcada, el 40% de los encuestados mencionaron que simplemente los guardan o almacenan en sus propios hogares, e inclusive los brindan como juguetes para sus hijos sin conocer el riesgo potencial en su salud que estos pueden llegar a tener, posteriormente un 28% indicaron que una vez cumplido la vida útil de estos dispositivos los desechan junto con los residuos domésticos o comunes.

Ahora bien, el 12% de los encuestados indicó que vendían sus dispositivos sea a talleres de arreglo o para la obtención de piezas, un 9% regalaba y un escaso 6% conocía sobre cómo desechos estos residuos de manera adecuada, mencionando que acudían hasta un centro de reciclaje y las baterías usadas las dejaban en los lugares de recolección de la ciudad, finalmente un 5% de los encuestados da estos residuos a los recicladores informales, aunque en este punto es propio mencionar que en su gran mayoría estas personas no caracterizan los materiales que pueden ser reaprovechados de los que formarían parte de la disposición final.

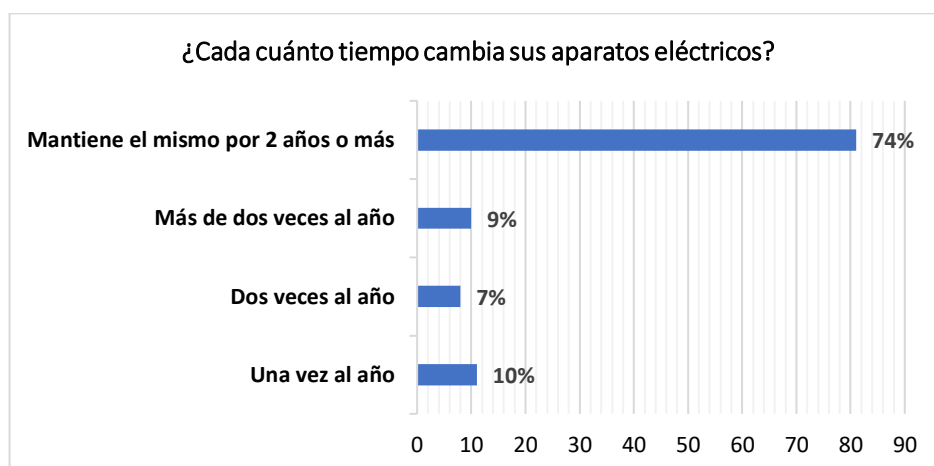


**Ilustración 3-5:** Resultados uso posterior de los equipos electrónicos

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.



### 3.1.1.6. Renovación de los dispositivos electrónicos

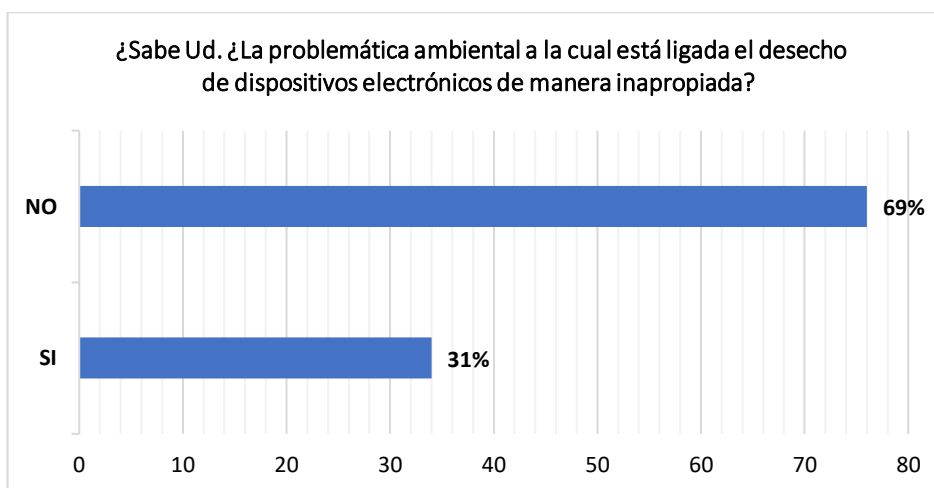


**Ilustración 3-6:** Resultados renovación equipos electrónicos

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En cuanto a los resultados para el sondeo de la vida útil de los dispositivos electrónicos se obtuvo que el 74 % de los encuestados mantiene sus dispositivos por más de 2 años esto sobre todo aplica en telefonía celular, el siguiente grupo con un 9 % indicó que la frecuencia con la que cambia sus dispositivos es más de dos veces al años, esto alegando al daño de los aparatos, pérdidas o robo, con el 7% de la muestra se mantiene aquello que cambian 2 veces al año sus dispositivos electrónicos y finalizando aquellos que cambian al menos una vez al año de dispositivo electrónico correspondió al 10% de los encuestados.

### 3.1.1.7. Conocimiento de la problemática ambiental



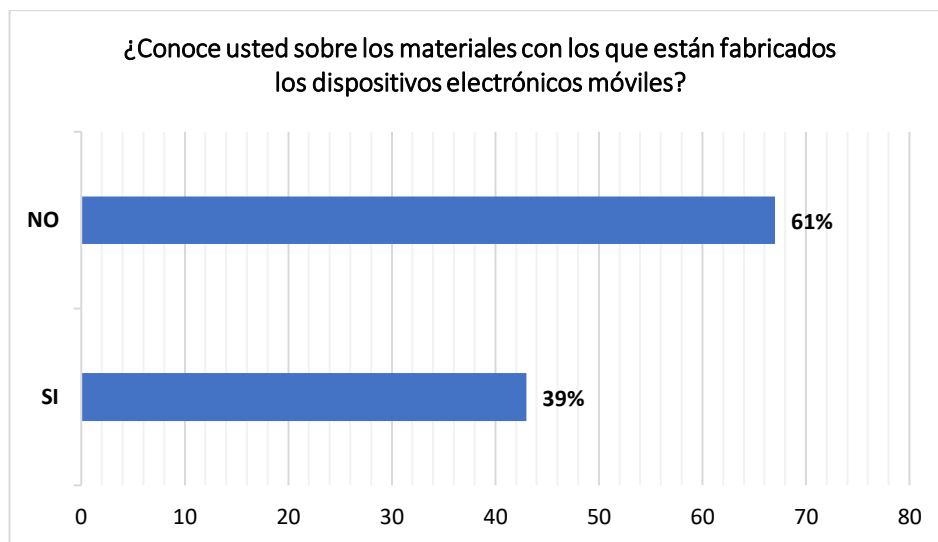
**Ilustración 3-7:** Resultados problemática ambiental

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En tanto el sondeo sobre el conocimiento de la problemática ambiental ligada a los desechos electrónicos la gran mayoría de encuestados no estaba al tanto de los efectos e impactos que tienen para los ecosistemas este tipo de residuos de ahí que el 69% respondieron que desconocen, por otro lado, tan solo el 31% respondieron afirmativamente y conocían los impactos que estos residuos causan por su erróneo manejo y disposición final.

### 3.1.1.8. Conocimiento de los materiales de construcción de los dispositivos móviles

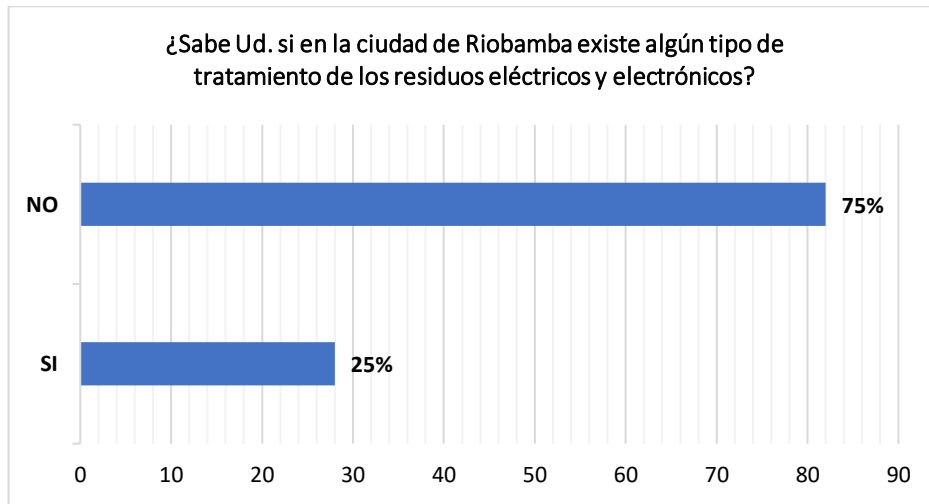
Con respecto a la percepción de los encuestados en cuanto si conocían o no los materiales que formaban parte durante el ensamblaje de los dispositivos electrónicos la gran mayoría desconocía del tema, a breves rasgos mencionaba el plástico como material principal y el resto de componentes desconocía, es así que se refleja en los resultados ya que la gran mayoría el 61% no sabía nada del tema, por su contraparte el 39% de los encuestados manifestaron que sí conocían el método de ensamblaje y los componentes involucrados en este proceso de manufactura.



**Ilustración 3-8:** Resultados de construcción de los RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

3.1.1.9. *Conocimiento sobre el tratamiento de los RAE en la ciudad de Riobamba*

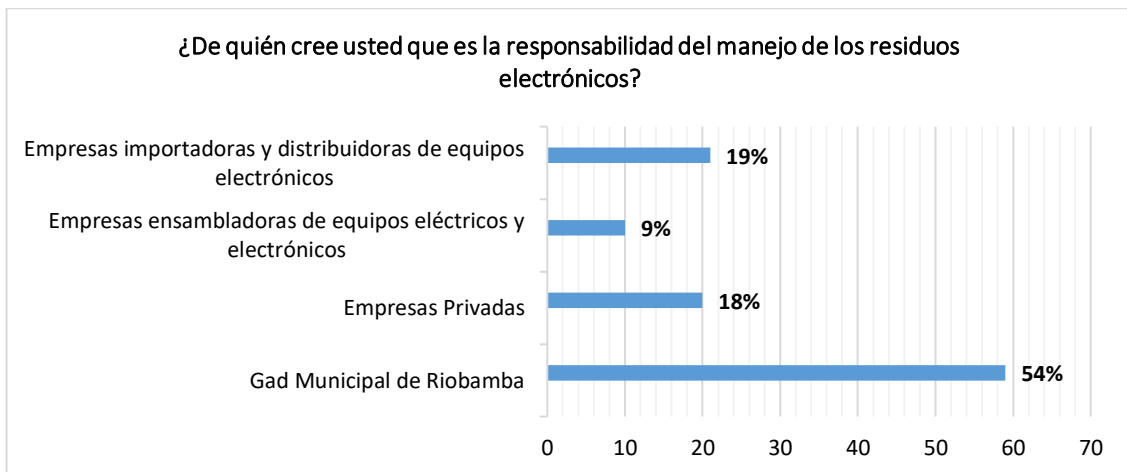


**Ilustración 3-9:** Resultados percepción de tratamiento de los RAEE en Riobamba

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

Con lo que respecta al nivel de conocimiento sobre la participación de las autoridades en los procesos de recolección reciclaje y tratamiento de estos residuos, se observó una marcada diferencia siendo así con un 79% de los encuestados los cuales manifestaron que no han escuchado nada por parte de las autoridades en lo que se refiere a manejo de estos desechos, y con un escaso 25% del total de encuestados mencionaron que conocían de planes de manejo y reciclaje, sin embargo es claro mencionar que estos planes más que del mismo municipio de Riobamba, lo escucharon de empresas privadas en conjunto con la secretaría del ambiente.

3.1.1.10. *Competencia de la gestión de los residuos electrónicos móviles*



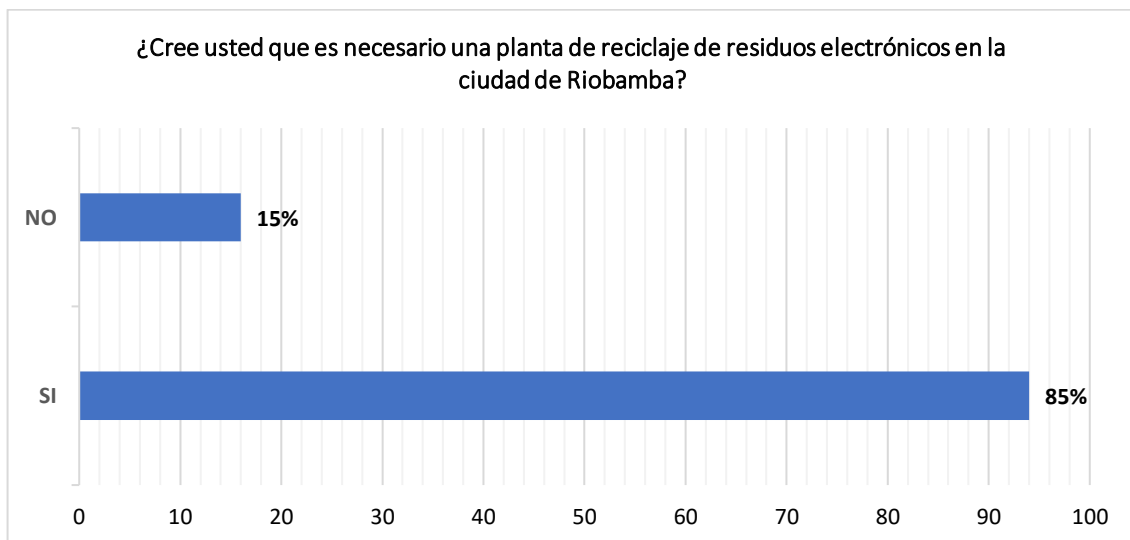
**Ilustración 3-10:** Resultados responsabilidad sobre el tratamiento de los RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En cuanto al sondeo de qué institución deberá estar a cargo para el manejo de estos desechos, el 54% de los encuestados dijeron que debe ser competencia del municipio de Riobamba con sus departamentos ambientales y de higiene, en tanto que con un 19% manifestaron que las empresas o lugares que comercializan estos dispositivos deben contar con mecanismos de reciclaje de estos, mientras que un 18% opinó que esta labor debe estar bajo el mando de empresas privadas pues de cierta manera pueden generar un estímulo laboral al contratar personal capacitado para este proceso, finalmente el 9% de los encuestados indicaron que las empresas que fabrican estos dispositivos deben estar a cargo del manejo una vez cuando estos se hayan convertido en residuos o desechos.

### 3.1.1.11. Percepción sobre la implementación de una planta de reciclaje RAEE en la ciudad de Riobamba

Finalmente el sondeo por medio de la pregunta si sería necesario una planta de residuos electrónicos en la ciudad de Riobamba fue tomada a buen criterio, es así que el 85% de los encuestados indicaron que la ciudad ya debería contar con dicha infraestructura debido a que casi toda la población tiene al menos un dispositivo móvil y en familias constituidas este valor aumenta con un promedio 5 dispositivos, por lo que es viable esta idea, por lo contrario el 15% de los encuestados manifestaron que es muy pronto la implementación de esta planta de reciclaje dado los altos costos de construcción, puesta en marcha y mantenimiento en general de la planta.



**Ilustración 3-11:** Resultados de la implementación de una planta de reciclaje

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 3.2. Resultados de la caracterización de los residuos electrónicos

Parte de este trabajo consistía en caracterizar los principales residuos electrónicos generados en la ciudad de Riobamba es así que en el presente apartado se hace una breve descripción de los dispositivos y materiales aprovechables para reciclar, es propicio mencionar que si en un principio la caracterización se realizó a los principales residuos electrónicos, la puesta en marcha de la planta piloto podrá procesar cada uno de los desechos desde la línea blanca hasta dispositivos electrónicos más comunes.

#### 3.2.1. Caracterización teléfonos móviles

El teléfono móvil es un equipo que se ha vuelto parte común del diario vivir en la sociedad, su alta demanda y consumo ha permitido que a nivel mundial surja una problemática ambiental con respecto a la manera de tratar sus desechos, estos dispositivos como cualquier equipo electrónico contiene materiales valiosos y que pueden ser aprovechados o reutilizados, por otro lado igualmente existen componentes con gran potencial de daño ambiental que deben ser gestionado de forma adecuada es así que se ha podido dividir sus componentes en lo siguiente.

**Tabla 3-1:** Caracterización dispositivos móviles

Dispositivo	Reciclable	No reciclable o residuo peligroso
Teléfonos Celulares	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pantalla de cristal Líquido</li><li>• LCD</li><li>• Teclado</li><li>• Micrófono</li><li>• Bocinas</li><li>• Carcasas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baterías en general</li><li>• Placas de control o circuitos integrados.</li><li>• Estaño de las placas</li><li>• Mercurio y plomo en ciertos casos.</li></ul>

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En referencia a lo dicho por (Peñañiel, 2011, p. 45) se estima que en el Ecuador para el 2019 cerca de 9 millones de personas poseen un celular activado, observándose que esta cifra se acrecentado en la población que ronda los 16 a 45 años de edad, así mismo entre las provincias que más aumento se ha registrado tenemos a Galápagos con un 70,9%, seguida de Pichincha con el 67,2%, y para el caso de Chimborazo con un 59,23%, se menciona a su vez que el flujo constante de estos dispositivos implica necesariamente un sistema de reciclaje adecuado que aproveche los componentes valiosos y los residuos sin carácter o valor sean dispuestos de manera adecuada para que no pases a contaminar el ambiente.

### 3.2.2. Caracterización tabletas digitales

Al igual que los teléfonos móviles las tabletas digitales poseen un similar ensamblaje y componentes, actualmente su popularidad ha ido avanzando sobre todo para el empleo en unidades educativas y relacionadas.

**Tabla 3-2:** Caracterización tabletas digitales

Dispositivo	Reciclable	No reciclable o residuo peligroso
Tableta Digital	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pantalla de cristal Líquido LCD</li><li>• Antena</li><li>• Teclados</li><li>• Micrófono</li><li>• Bocina</li><li>• Carcasa</li><li>• Accesorios: cables, audífonos entre otros.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baterías</li><li>• plaquetas de circuitos integrados,</li><li>• PCB</li><li>• Plomo de las conexiones de circuitos</li><li>• Mercurio</li></ul>

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

Con base a lo mencionado por (Díaz et al., 2021, p. 11) , es importante destacar la problemática actual de la basura electrónica en el Ecuador y a nivel mundial cerca de 50 millones de toneladas de desechos se generan anualmente en todo el planeta, cifras estimadas por el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas y en la mayoría de países carecen de un sistema óptimo de reciclaje y tratamiento, en ciertas regiones del planeta inclusive el reciclaje independiente con una carencia técnica ha provocado que se conviertan en zonas altamente tóxicas tal es el caso de regiones del África donde se extrae de forma incorrecta los metales preciosos mediante la quema de los cables, componentes y desechos provocando elevadas cantidades de material contaminado que afecta directamente en el aparato respiratorio, así mismo estos desechos poseen elementos como el cadmio, el plomo, el óxido de plomo, el antimonio, el níquel o el mercurio de carácter tóxico que contaminan ríos, lagos y mares, y emiten gases a la atmósfera que provocan desequilibrios en los ecosistemas.

### 3.2.3. Caracterización reproductores de música y video

En cuanto a los reproductores de música y video actualmente han venido siendo desplazados por otros dispositivos como móviles y tabletas que incluyen ya dichas funciones sin embargo cabe mencionar que en la mayoría de los hogares se tiene almacenado estos equipos que son propensos para reciclar los componentes de estos son:

**Tabla 3-3:** Caracterización dispositivos de audio

Dispositivo	Reciclable	No reciclable o residuo peligroso
Reproductores de música y video	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plástico</li> <li>• Cristal</li> <li>• Imanes</li> <li>• Leds</li> <li>• Alambres y cables</li> <li>• Bocinas</li> <li>• Antenas</li> <li>• Lector óptico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio</li> <li>• Cadmio</li> <li>• Mercurio</li> <li>• Zinc</li> <li>• Plomo</li> <li>• Aluminio</li> <li>• Otros</li> </ul>

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

Por su parte los dispositivos de audio y video comparten similitud en cuanto a los componentes empleados para su manufactura y función, completando su ciclo de vida tenemos que el componente reciclable está relacionado a lectores ópticos, motores, leds, cristal, plástico, por su contraparte lo no reciclable principalmente son los componentes empleados dentro de la tarjea o circuitos, siendo estos metales pesados o tóxicos usados para las sueldas de estos circuitos entre otros.

### 3.2.4. Caracterización pantalla, periféricos y demás dispositivos móviles electrónicos

Durante la inspección a las pequeñas empresas de reciclaje de la zona se pudo identificar una mezcla de periféricos y dispositivos digitales que de cierta manera por el paso de los años ya han cumplido su ciclo de vida y han sido reemplazados, entre estos figuran teclados, pantallas, monitores, reproductores de música, radios entre otros, estos residuos responden a la constante evolución de estos dispositivos cada año y están estrechamente relacionados con la oferta y la demanda.

**Tabla 3-4:** Caracterización periféricos electrónicos

Dispositivo	Reciclable	No reciclable o residuo peligroso
Pantallas Digitales Monitores Montajes electrónicos Radios Consolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plástico</li> <li>• Cristal</li> <li>• Imanes</li> <li>• Leds</li> <li>• Alambres y cables</li> <li>• Bocinas</li> <li>• Antenas</li> <li>• Lector óptico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metal ferroso</li> <li>• Cadmio</li> <li>• Mercurio</li> <li>• Zinc</li> <li>• Plomo</li> <li>• Otros</li> </ul>

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

Finalmente, el conjunto que forma parte de los residuos electrónicos móviles lo completa los periféricos y dispositivos similares, los cuales como se ha venido mencionando dentro de este trabajo sus componentes de manufactura casi son los mismos al igual que sus desechos.

Tomando en cuenta lo dicho por (Parrales y Campuzano, 2022, p. 14-16) en su trabajo “La cultura del reciclaje de desechos informáticos y la contextualización de la Norma ISO 14001: 2015” vale la pena reflexionar si le estamos dando el peso necesario al planeta, actualmente tal parece que predomina el acceso tecnológico sin una educación en el reciclaje coherente.

### 3.3. Resultado cálculo del PPC

En cuanto al cálculo del PPC generado se tomó un valor aproximado de generación de 8-12 toneladas por año de residuos electrónicos lo que es lo mismo 12000 kg de basura generada por año dentro de la ciudad de Riobamba, lo datos fueron recolectados con base a la información indicada por las empresas recicladoras de menor tamaño es así como el resultado de la PPC aplicado por habitante.

$$PPC \text{ Riobamba anual} = \frac{\left(12000 \frac{kg}{año}\right)}{146000 \text{ habitantes}}$$

$$PPC \text{ Riobamba anual} = 0,08 \frac{kg}{hab*año}$$

### 3.4. Diseño de la planta de reciclaje de residuos electrónicos

El diseño de la planta de reciclaje de residuos electrónicos en la ciudad de Riobamba responde como consecuencia a la falta de iniciativas a nivel nacional y seccional en cuanto a la responsabilidad que tienen como entes rectores en la generación de normativas y procesos adecuados para disponer de RAEE en forma responsable con el Medio Ambiente, la salud humana y con los riesgos asociados a estos.

Es necesario mencionar que tanto la ubicación como la estructura de la planta de reciclaje de residuos electrónicos responden a una revisión de documentación e información que más sin embargo para futuros estudios necesariamente se deberán complementar con estudios de factibilidad, los diseños de la planta se complementaron con los planos correspondientes ubicados en la sección de **ANEXOS** del presente trabajo de titulación.

Dichos planos son de carácter referencial y muestran las zonas y su distribución posibles que debería tener esta planta de reciclaje, así mismo se incluye un diagrama de los principales procesos que involucran la cadena de reciclaje dentro de la planta, desde la llegada del material y la clasificación tanto manual como las que se emplean maquinaria especificada para este tipo de procesos.



### ***3.4.1. Ubicación de la planta de reciclaje de dispositivos electrónicos***

Se estima que esta planta será instalada en las inmediaciones del complejo Industria de Riobamba puesto que cuenta con parámetros como área disponible suficiente para la instalación e infraestructura de los equipos, así como un trazado vial con varias vías de acceso hasta las instalaciones, finalmente la ruta empalma con la vía al relleno sanitario de la ciudad de Riobamba para completar de este modo que los residuos ya no aprovechables pasen hasta su correcta disposición final en el mencionado relleno, la presente sección está encaminada a detallar las distintas etapas vinculadas al tratamiento de los RAEE; desde la captación de todos los equipos desechados hasta la disposición final de elementos peligrosos contenidos en estos.

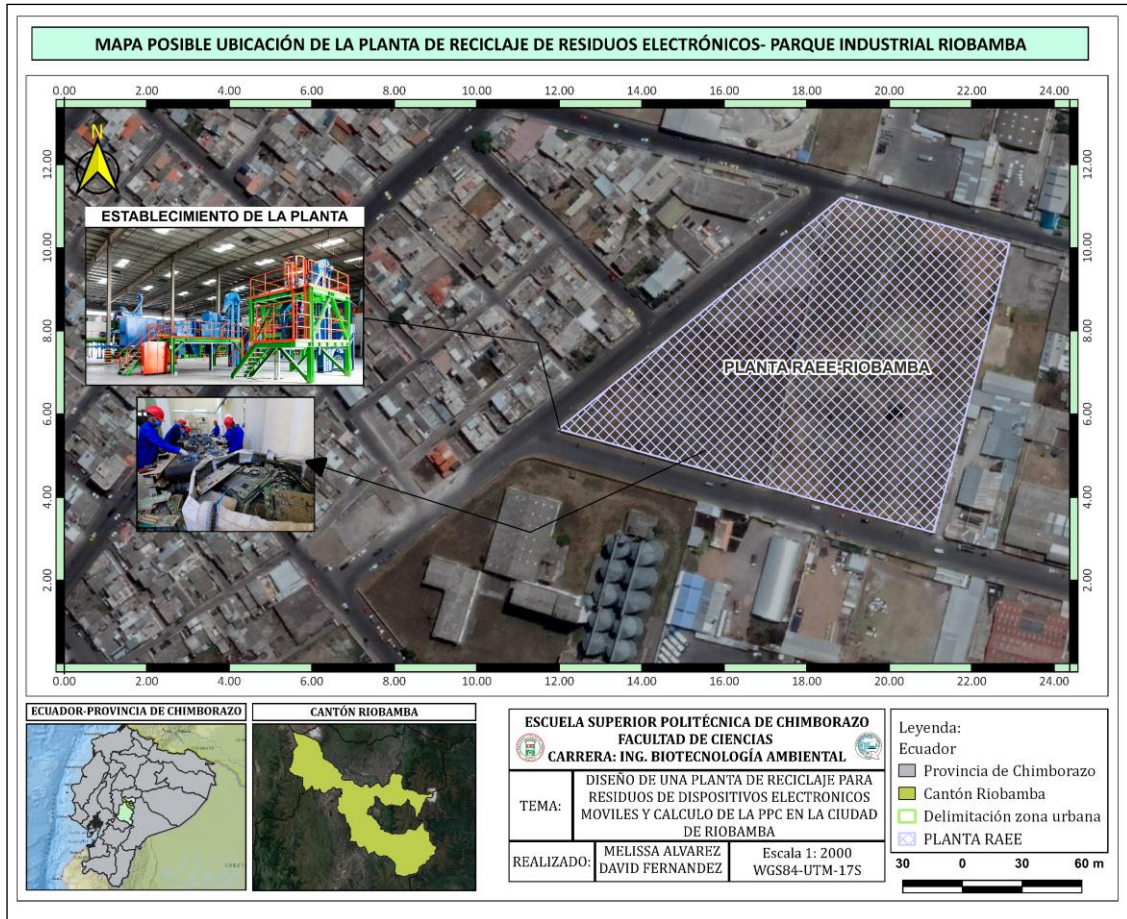
#### ***3.4.1.1. Terreno y edificación***

Con base a estudios realizados en otros países las plantas denominadas paquete de reciclaje de residuos electrónicos deberá tener una extensión mínima de 720 m<sup>2</sup> con proyección a que esta pueda ampliarse en un futuro, las naves que albergarán la maquinaria y flujo de proceso estarán construido en combinación de bloque y estructura metálica la cual se dividirá en las zonas de almacenamiento, pesaje, clasificación, desmontaje, desmantelamiento descontaminación y recuperación de metales, además contará con una oficina en donde se monitoreará la actividad de la planta. Por su parte el techo de la nave será elaborado con “estirpanel”, con un diseño en arco lo que facilitará una adecuada iluminación y ventilación.

Además, el terreno debe contar con una infraestructura sólida para manejar la carga y descarga de los residuos electrónicos, así como el transporte interno dentro de la planta. Esto implica tener un acceso adecuado para camiones y vehículos de carga, así como calles internas y áreas de maniobra suficientes para garantizar una operación fluida.

Las condiciones ambientales también son cruciales. Una planta de reciclaje de residuos electrónicos debe estar diseñada para minimizar cualquier impacto negativo en el medio ambiente. Por lo tanto, se recomienda ubicar la planta lejos de áreas sensibles, como fuentes de agua potable o ecosistemas frágiles. Además, se deben implementar sistemas de gestión de residuos adecuados y cumplir con todas las regulaciones ambientales aplicables para prevenir la contaminación del suelo y el agua.

Asimismo, es importante considerar la proximidad a centros urbanos o áreas industriales donde se generen grandes cantidades de residuos electrónicos. Esto facilitará la recolección y el transporte de los materiales a la planta de reciclaje, lo que resultará en una operación más eficiente y rentable.



**Ilustración 3-12:** Mapa de posible ubicación de la planta de reciclaje de residuos electrónicos

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

#### 3.4.1.2. Piso

En cuanto al piso este deberá ser construido con hormigón reforzado para que resista el peso de las máquinas y sus vibraciones se sugiere que al menos sea con un espesor mínimo de 200mm, por otro lado, para las áreas o zonas operaciones de almacenamiento, desmantelamiento, descontaminación tendrá un piso industrial para facilitar su limpieza evitando así la filtración y contaminación del suelo.

#### 3.4.1.3. Sistema de Iluminación

La nave principal contará con ventanas amplias que permitan aprovechar la luz natural y para la noche o los días donde no se cuente con suficiente iluminación se instalarán lámparas de sodio de alta presión de 250W.

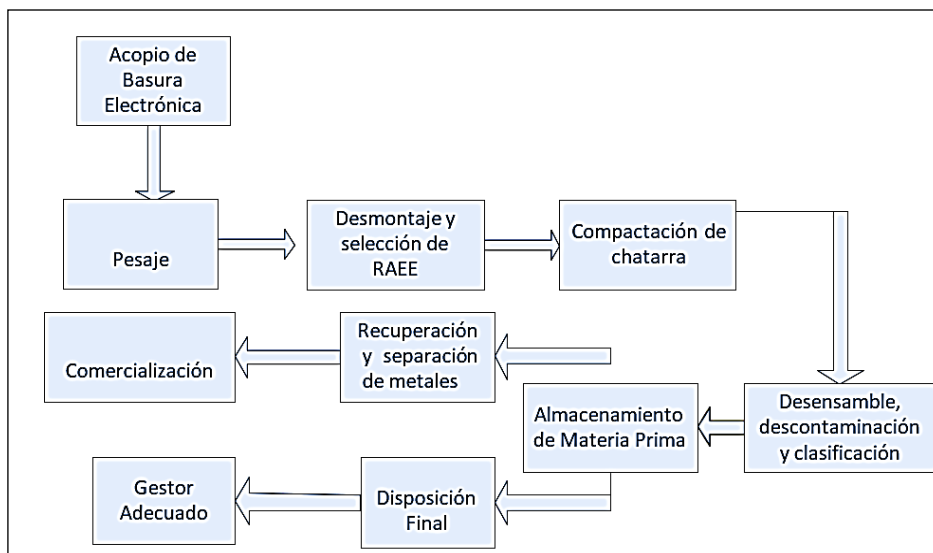
#### 3.4.1.4. Accesos

En cuanto al acceso de la planta de reciclaje esta será a través de la puerta principal que contará con una puerta adicional para los camiones con una altura aproximada de 5 a 6 m y una puerta trasera de salida que se anexará al sistema vial de la ciudad.

El acceso para los camiones a la Planta de Reciclaje tendrá un ancho de 10 metros y una puerta, mientras que la puerta de acceso para el personal será de 1 metro de ancho el cual contará con un detector de metales.

#### 3.4.2. Etapas del proceso generado en la planta de tratamiento de los RAEE

En cuanto a los procesos involucrados dentro de la planta de reciclaje estas se tomaron en cuenta desde el ingreso de los residuos electrónicos hasta su disposición final, en el presente flujograma se detalla de manera más didáctica cada una de las etapas generales del proceso de la planta y posteriormente se profundizará las herramientas y equipos requeridos es así como tenemos:



**Ilustración 3-13:** Flujo de trabajo dentro de la planta RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

- **Acopio de la basura electrónica:** Implica la recepción de los dispositivos electrónicos recogidos de los puntos de acopio y de las pequeñas empresas de reciclaje, así como lo entregado por parte de sistema de recolección de basura del cantón.
- **Pesaje:** El pesaje es una parte fundamental pues nos dará una idea del PPC anual de estos residuos que llegan a la planta

- **Desmontaje y selección del RAEE:** En esta etapa se hará la primera clasificación de forma manual se separará los residuos electrónicos en función a la homogeneidad de sus características.
- **Compactación de Chatarra:** Los componentes metálicos separados de los RAEE se compactarán para optimizar espacio.
- **Desensamblase, descontaminación y clasificación:** En esta etapa se toma en cuenta que varios residuos peligrosos deberán ser descontaminados mediante los tratamientos fisicoquímicos adecuados.
- **Almacenamiento de la materia prima y recuperación y separación de metales y posterior comercialización:** La parte más aprovechable se almacenará de forma adecuada para su posterior venta o reutilización.
- **Disposición final:** Involucra que las partes ya no aprovechables cuenten con una correcta disposición final.

**Tabla 3-5:** Disposición de las áreas operativas de la planta RAEE

#	Áreas / Detalles	Área en m2
1	Área de acopio	80,23
2	Área de pesaje	25,72
3	Área de desmontaje	79,23
4	Área de desensamble y descontaminación	79,23
5	Área de Compactación	15,72
6	Área de almacenamiento (materia prima)	79,23
7	Área de separación de metales	79,23
8	Área de almacenamiento y comercialización	79,23
9	Área del montacargas	172,53
10	Vestidores para empleados	18,2
11	Cuarto de control	17,2
<b>TOTAL</b>		<b>725,35</b>

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

Con base a lo descrito por (Marcel et al., 2020, p. 32), el funcionamiento de una planta de reciclaje de residuos electrónicos deberá contar con un flujo de procesos adaptados en función al grado de aprovechamiento que se quiera obtener de estos residuos, sin embargo contrastando con la capacidad operativa y económica de la ciudad la planta que se propone dentro de este trabajo realizará un reciclaje total de los residuos sólidos, en el caso de metales pesados y residuos peligrosos se optará por dar paso a gestores especializados para el manejo de este tipo de desechos.

### ***3.4.3. Flujo de procesos dentro de la planta de reciclaje de desechos electrónicos***

### ***3.4.4. Recepción y almacenamiento previo de desechos electrónicos***

La fase previa consiste en la recepción de los desechos electrónicos para una separación general, identificando las partes o residuos que en su composición no sean admitidos o no sean sujetos de reciclaje de por parte de la planta como puede ser caucho, compuestos orgánicos, vidrio entre otros durante esta etapa previa el flujo de material pasará por un área de recepción y otra de almacenaje previo destinado a los componentes que han sido separados de forma general (Chen et al., 2013, p. 13).

#### ***3.4.4.1. Pesaje***

Durante el proceso de pesaje se tomará en cuenta que se realizará antes y después del proceso de reciclaje esto con la finalidad de establecer un control de la cantidad de metales, plásticos y demás elementos que son sujetos de recuperación.

#### ***3.4.4.2. Desmontaje y selección de partes electrónicas***

Durante este proceso se separa los componentes principales de los residuos electrónicos en función a sus características, la selección en esta fase es mucho más minuciosa y se hará cargo tanto una parte mecánica como una parte operativa manual realizada por operadores

### ***3.4.5. Desensamble, descontaminación y clasificación de elementos***

En esta etapa se considera como primer paso el desensamble que consiste en separar las principales partes de componentes que conforman los RAEE, o el desensamble de los mismos en todos sus componentes y materiales, los cuales serán comercializados como plásticos, vidrio, metales ferrosos, metales no ferrosos (como aluminio y cobre) y metales como mercurio y plomo, entre otros. Para un adecuado desensamble se cuenta con varias alternativas entre las cuales se tiene los desensambles manuales y automáticos o mecánicos (Chen et al., 2013, p. 13).

#### 3.4.5.1. *Desensamble mecánico*

Durante esta fase en la etapa correspondiente al desensamble mecánico inicialmente se procede con la descontaminación de alguno de los residuos electrónicos esto con la finalidad de evitar ciertos daños en las maquinarias y equipos que forman parte de esta etapa, luego de ello los residuos pasan a un proceso mecánico de trituración y separación obteniéndose una mezcla con varios materiales los cuales son separados través de mecanismos de separación (como por ejemplo la clasificación de aire, criba, ciclón, turbo-rotor, corriente de Foucault o separación magnética.

#### 3.4.5.2. *Desensamble manual*

Como menciona el nombre se hace uso de mano de obra humana para el desmantelamiento y clasificación de los residuos, durante esta etapa sobre todo se separan los elementos que la máquina no logra procesar o llegan a ser riesgosas para el funcionamiento de estas como cables, caucho, vidrio etc., la ventaja es que supone un ahorro energético (Chen et al., 2013, p. 13).

#### 3.4.5.3. *Descontaminación*

Dentro de esta etapa se extrae los componentes nocivos y peligrosos que refuten un problema ambiental producto de los residuos de los aparatos electrónicos que ya no están en funcionamiento, dentro de los materiales peligrosos que se separan en esta etapa se encuentran: vidrio con plomo, vidrio con bario, cañón de electrones con bario, polvo fosforescente, pilas, acumuladores y sus derivados baterías de respaldo entre otros.

#### 3.4.5.4. *Clasificación de Elementos*

Conforme se realiza la clasificación de los residuos electrónicos estos se ubicarán en función al grupo de material correspondiente descrito en la tabla indicada.

**Tabla 3-6:** Grupo de material y lugar de extracción

<b>Grupo de Material</b>	<b>Lugar donde se encuentran</b>
Metales no férricos (aluminio, cobre, metales preciosos)	Circuitos impresos, integrados
Metales férricos (hierro, acero)	Carcasas
Plástico	Carcasas, estuches
Componentes peligrosos	Capacitores, pilas, baterías, cartuchos, tóner, etc.

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

Con base al trabajo planteado por (Bernabé, 2020, p. 20), se indica que la mayoría de residuos electrónicos comparten los mismos materiales y en general el proceso de manufactura es así que se ha resumido los principales materiales y de donde estas provienen, por ejemplo lo relacionado con metales férricos y no férricos se obtienen de los marcos y carcasas metálicas, así como circuitos impresos, el plástico y vidrios salen de pantallas , carcasas plásticas entre otros, y los componentes peligrosos a su vez parten de las fuentes energía como baterías, pilas capacitores y similares (Espárraga y Taijin, 2020, p. 13).

### ***3.4.6. Proceso de recuperación de los elementos***

#### ***3.4.6.1. Compactación de chatarra***

Dentro del proceso de recuperación se realiza la compactación de la chatarra, permitiendo la reducción de volúmenes de esta de manera que la materia prima secundaria resultante es transportada a gestores especializados, los mismos que la procesan, recuperan y finalmente comercializan (Espárraga y Taijin, 2020, p. 13).

#### ***3.4.6.2. Trituración de plástico***

Durante este paso se realiza la trituración de todo material plástico previamente clasificado, mediante un equipo denominado trituradora se reducen a fragmentos de 1 x 1 cm, tamaño óptimo para ser transportado y reutilizado (Espárraga y Taijin, 2020, p. 13).

#### ***3.4.6.3. Recuperación y separación de metales***

Durante la fase de recuperación se extrae sobre todo el contenido mineral de alto valor y aprovechable tales como el cobre, aluminio y acero y por otro lado los que son de mayor valor como el oro, paladio, platino y plata, una vez clasificados se procede a triturarlos para reducir el tamaño en función al requerimiento del mercado la importancia de los denominados metales estratégicos como, por ejemplo, el litio, el galio, el estaño, el tántalo o el indio, y de las llamadas «tierras raras». Estos metales también se denominan metales críticos, de los que debe disponer una economía política para abastecer su industria, comercio y población, pero cuya obtención no está asegurada (Espárraga y Taijin, 2020, p. 13).

### ***3.4.7. Disposición final de los residuos electrónicos no reciclables***

De los puntos más relevantes consiste la disposición final de los residuos que ya han pasado todas las etapas de clasificación y no tienen valor alguno, esta fracción no aprovechable debe tomarse en cuenta que puede mantener cierto contenido tóxico o nocivo por lo que se deberá determinar si estos pueden ser llevados para un tratamiento por un gestor ambiental legalizado, o bien que pasen hasta un relleno sanitario en un espacio óptimo (Bernabé, 2020, p. 12).

#### ***3.4.7.1. Relleno de Seguridad***

Los residuos electrónicos que han llegado hasta esta etapa se deben considerar como potenciales agentes contaminantes medioambientales debido a la presencia de metales pesados y sustancias halogenadas que lixivian y se evaporan, tomando en cuenta que muchos de ellos al llegar al relleno de seguridad no es conveniente que estos se mezclen con otro tipo de residuos ya que pueden contener plomo presente en las TRC (tubos de rayos catódicos) y soldaduras, y de otras sustancias peligrosas como el mercurio, de tal manera que se debe adecuar los espacios en denominadas celdas de seguridad las cuales mantendrán las siguientes características, con base a lo propuesto por (Minaya, 2020, p. 5-8), mantener un relleno de seguridad para la disposición final de los residuos no reciclables o potencialmente peligrosos es esencial sin embargo se hace hincapié que el relleno de seguridad deberá contar con celdas adecuadas o denominadas de seguridad impermeabilizadas y adecuadas para el albergue de este tipo de compuestos, evitando así el impacto ambiental producido.

#### ***3.4.7.2. Solidificación de residuos***

Una de las técnicas empleadas sobre todo para residuos como pilas y baterías es la solidificación de estos residuos, donde se agrega una cantidad suficiente de material solidificante, con el objetivo de incrementar la resistencia, disminuir la compresibilidad y disminuir la permeabilidad del desecho, se propone que dentro del diseño de la planta se contemple esta actividad como bien lo menciona (Medrano y Lozada, 2020, p. 6-9), el hecho de manejar este tipo de residuos potencialmente peligrosos y tóxicos requieren necesariamente un tratamiento adecuado para minimizar sea n sus componentes o propiedades químicas que afectan de gran manera al medio ambiente.



#### 3.4.7.3. Adsorción

Otro de los procesos por el cual se logra disminuir los efectos contaminantes es de este tipo de residuos es el empleo de agentes estabilizadores dentro de la matriz, este tratamiento se considera más permanente ya que se necesita una fuerza físico- química adicional

#### 3.4.7.4. Precipitación

Este proceso se lo hace con la finalidad de que el contaminante sea mucho más estable, asegurándose que el contaminante se mantenga retenido dentro de una masa estabilizadora teniendo como ejemplos precipitados tales como hidróxidos sulfuros silicatos, carbonatos, y fosfatos forman parte de la estructura del material estabilizado, los materiales utilizados en los procesos de estabilización y solidificación son los siguientes: Cemento y materiales puzolánicos.

- **Cemento:** El cemento se usa para el sellado de metales pesados o radioactivos, esta mezcla se podría realizar aprovechando parte del flujo de agua reutilizada o proveniente de ciertos lixiviados, el utilizar esta mezcla evitará que el elevado PH del cemento permite retener los metales bajo la forma de hidróxidos insolubles o carbonatos dentro de la misma.
- **Materiales puzolánicos:** Este tipo de sustancias parten de las fracciones más pequeñas emitidas por estos componentes como lo son cenizas, escorias de altos hornos y polvo de hornos de cemento la reacción de material aluminio-silíceo, cal y agua resulta la formación de un producto llamado hormigón puzolánico. El uso de materiales puzolánicos para la estabilización de residuos se encuentra indicado tanto para materiales inorgánicos como orgánicos (Minaya, 2020, p. 14).

### 3.5. Equipos y maquinarias

- **Trituradora de rodillos:** Se conforma por una placa denominada de rompimiento con uno o más rodillos de trituración, el tamaño del grano triturado dependerá de la distancia entre los rodillos, se considera de las máquinas más importantes al tener en consideración dentro del funcionamiento de la planta de reciclaje, así mismo la capacidad estará en función al PPC anual de residuos electrónicos generados del cantón Riobamba (Riva, 2016, p. 16).



**Ilustración 3-14:** Trituradora de rodillos

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

- **Molino de cuchillas:** Se consideró incluir este equipo para disminuir el tamaño de los residuos que generalmente son más resistentes, este equipo contiene cuchillas sujetas a un rotor con un espaciado uniforme los residuos electrónicos pasan por medio de cribas y el tamaño de este se controla mediante la abertura de luz de la criba (Riva, 2016, p. 16).



**Ilustración 3-15:** Molino de cuchillas

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

- **Molino de martillos:** Dentro de la planta cumplirá la función de ablandar los residuos moderadamente resistentes, está conformado por un conjunto de martillos los cuales giran a una baja velocidad el material pasa a través de estos martillos los cuales disgregan el material y a su vez compactan por segunda vez en una tolva de impacto para garantizar el rompimiento del residuo (Riva, 2016, p. 19).



**Ilustración 3-16:** Molino de martillos

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

- **Tamizado:** Se empleará para separar los materiales en función a la fracción y el tamaño de sus partículas, con la ayuda de varios tamices con diferente diámetro este proceso se lo realiza mediante un orden de tamices colocados de forma vertical, en orden creciente de superior a inferior por donde pasa el material (Riva, 2016, p. 22).



**Ilustración 3-17:** Tamizado

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023

- **Mesas densimétricas:** Se utilizará para separar mezclas de materiales por medio de la aplicación de una corriente o flujo de aire ascendente, llevando las partículas más livianas hasta un contenedor o receptor (Riva, 2016, p. 23).



**Ilustración 3-18:** Mesas densimétricas

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

- **Separadores por densidad o flotación:** En el caso que la planta cuente con los fondos económicos suficientes se optará por utilizar este equipo el cual hace parte ya de los procesos de recuperación y aprovechamiento de los residuos más valiosos ya que separa los materiales metálicos de los no metálicos aprovechando la diferencia de densidad en este caso usando un flujo de agua (Riva, 2016, p. 13).



**Ilustración 3-19:** Separadores por densidad o flotación

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

- **Imantación o separadores magnéticos:** Adicionalmente la planta podría considerar la implementación de un separador magnético para retirar totalmente las partes metálicas por medio de un imán, aprovechando la fuerza de atracción que esta genera de ahí que este procedimiento es útil para separar los metales férricos (hierro, acero) de los no férricos (aluminio, cobre, otros) (Riva, 2016, p. 13).



**Ilustración 3-20:** Separador magnético

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

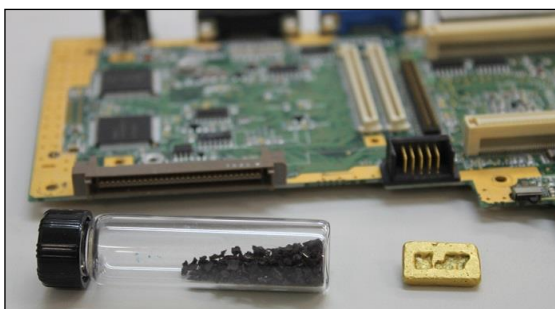
- **Sistema De Reciclaje De Placas De Circuito De PCB:** La máquina de reciclaje de placas de circuito PCB se utiliza para separar metales y no metales de las placas de circuito de desecho, CCL, placas madre de computadora de desecho, placas base de teléfonos celulares de desecho, placas de TV de desecho y chatarra de PCB, etc.



**Ilustración 3-21:** Sistema de reciclaje PCB

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

- **Refinación térmica y química:** Ahora se considerar la recuperación de los metales constituyentes de celdas y circuitos electrónicos, si bien hay que tomar muy en cuenta el factor económico dentro de este proyecto se lo ha incluido de manera referencial para ejemplificar hasta que grado de recuperación y aprovechamiento de estos residuos es posible alcanzando según (Campos y Vásquez, 2021, p. 18-22), una recuperación de hasta un 85 a 90% de los materiales que posteriormente pasan nuevamente a servir de materia prima para la construcción de estos mismos equipos u otros similares, la separación por refinación térmica y química emplea reacciones químicas y de energía para extraer los metales nobles contenidos en las PCB o circuitos impresos.



**Ilustración 3-22:** Refinación térmica

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

- **Almacenamiento de los desechos:** Los residuos reciclados finales se almacenarán en bodegas apropiadas antes de ser enviadas a las empresas que volverán aprovechar estos insumos, el objetivo del almacenamiento es brindar las condiciones adecuadas para que estos residuos eviten su oxidación y de igual manera para mantener un adecuado control de cada lote generado.



**Ilustración 3-23:** Almacenamiento

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

- **Incineración y disposición final de los residuos no aprovechables**

Finalmente se considera la etapa de eliminación de los residuos no aprovechables por un lado se puede optar por la implementación de un incinerador donde se quemen los residuos no aprovechables, este incinerador deberá contener las especificaciones técnicas y necesarias para evitar que las partículas se expandan en el aire, luego se baraja una siguiente idea mucho más económica es la de llevarlas a los rellenos de seguridad a celdas especialmente diseñadas para el almacenamiento de estos residuos.



**Ilustración 3-24:** Incinerador

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### **3.6. Líneas de acción para el reciclaje de residuos electrónicos**

Para dar cumplimiento con el tercer objetivo se propone generar una propuesta de reciclaje de estos residuos que involucre tanto a los entes de gobierno como la ciudadanía en general, al determinar que este tipo de residuos cada vez van en constante aumento el manejarlos de manera apropiada una vez terminado su ciclo de vida garantizará que estos no lleguen a dañar los ecosistemas que de por sí guardan cierta fragilidad ante los fenómenos de contaminación.

#### **3.6.1. Reciclaje de los RAEE**

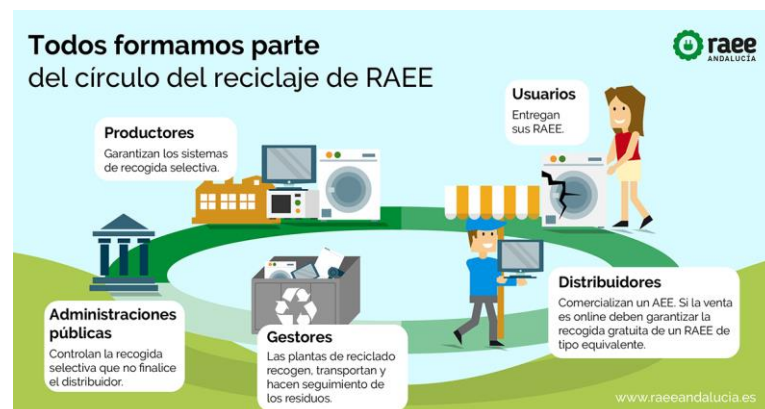
Actualmente el flujo de los RAEE cada vez va en aumento e inclusive se ha convertido en parte económicamente activa para ciertas empresas y personas pues de cierta manera estos residuos guardan aún un valor económico entre sus componentes, las empresas que se especializan en la recuperación de equipos de informática y telefonía que provienen del sector público y las empresas medianas y grandes, conforman el segmento más rentable. Se ha estimado que esta actividad puede llevar a crear unos 500 empleos formales que podrían ser repotenciados en el caso que se incorpore una mayor tecnología en los procesos de reciclaje, tomando en referencia el trabajo de (Quispe, 2021, p. 35), “Propuesta para el manejo integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en México, considerando el reciclaje para la recuperación de oro” se menciona el gran potencial de fuentes de trabajo que genera el reciclaje de este tipo de componentes, cálculos aproximados mencionan que de haber convenio con las empresas electrónicas el flujo de trabajo podría llegar a mil empleos aparte de que se está tomando una solución real que contrarreste el impacto ambiental generado por este tipo de residuos.

### 3.6.2. Actores que forman parte de la cadena de valor de los RAEE

La carencia de un marco legal regulatorio que ajuste esta actividad ha provocado que estos residuos lleguen a depositarse de manera inadecuada muchas de las veces forman parte de los residuos orgánicos o en conjunto con otro tipo de componentes que simplemente favorecen que los fenómenos de contaminación se agraven, actualmente podemos clasificar a los actores de producción de estos residuos desde las empresas fabricantes hasta el consumidor teniendo así:

- Fabricantes, importadores
- Generadores institucionales
- Recicladores informales
- Talleres de reparación
- Recuperadores sociales, y empresas y otros actores del circuito formal

Cada uno de estos actores por su parte guardan cierto grado de responsabilidad con el no aprovechamiento o disposición final de estos residuos, lo que ha ocasionado que los problemas ambientales se agraven, en el caso de la ciudad de Riobamba no existe políticas que garanticen o tomen en consideración el manejo de estos, si bien existen pocas empresas recicladoras estas aún no cuentan con la infraestructura ni la tecnología necesaria para aprovechar el 100% de los componentes valiosos e inclusive dejando de lado las partes más contaminantes como metales pesados debido a que no tienen una tecnificación adecuada, de igual manera se obtiene un beneficio económico pues las familias que se dediquen a retirar estos desechos pueden generar ingresos a partir del reciclaje de estos componentes, a estos hay que sumar la participación activa de las autoridades que fomenten de manera activa todo lo referente al reciclaje así se maximiza los resultados esperados (Amezcu, 2020, p. 24).



**Ilustración 3-25:** Círculo del reciclaje RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.



### ***3.6.3. Efectos de los desechos electrónicos sobre el ambiente la salud y la sociedad en su conjunto***

#### ***3.6.3.1. Riesgos ambientales de salud y seguridad***

Actualmente existe un consenso acerca de los problemas de salud y de impacto ambiental que tienen estos residuos, si bien en países desarrollados cuentan con tecnologías mucho más acordes a esta problemática en el caso de la ciudad de Riobamba es necesario que tomen cartas en el asunto sobre el tratamiento de estos residuos sobre todo aquellos en cuyos componentes se encuentre compuestos tóxicos tales como el plomo, el mercurio, el cadmio, el cromo, los bifenilos policlorados (PCB) y los retardantes de llama bromados, los hidrocarburos aromáticos policíclicos persistentes y contaminantes casuales como las dioxinas y furanos, entre otros.

Estos compuestos aparte de que son focos de contaminación constituyen un riesgo para la salud si se los trata de manera inadecuada, por ejemplo, cuando los contaminantes alcanzan los caudales de agua y penetran el suelo pueden afectar la producción de alimentos, esto ocurre, sobre todo, cuando el reciclaje informal tiene lugar cerca de asentamientos urbanos (Riva, 2016, p. 17).



**Ilustración 3-26:** Riesgos ambientales

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

#### ***3.6.3.2. Grupos vulnerables***

Los grupos más vulnerables recaen en los niños y mujeres embarazadas dado que estudios han confirmado que la exposición frecuente y alta de estos residuos ocasionan alteraciones citogenéticas, de función celular y efectos adversos para la salud, incluido el deterioro de los sistemas inmunológico, cardiovascular, gastrointestinal, endocrinológico y complicaciones perinatales, como el parto prematuro, la restricción del crecimiento intrauterino, la reducción de la función pulmonar neonatal y cambios neuroconductuales durante la infancia (Soler, 2018, p. 13).

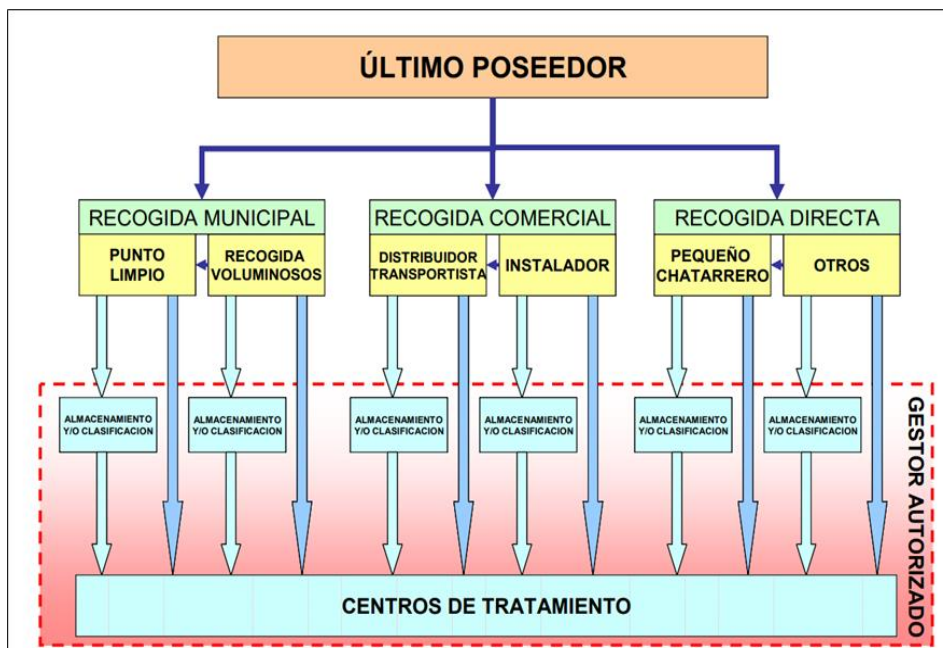


**Ilustración 3-27:** Grupos vulnerables

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 3.6.4. Mecanismos de reciclaje

El proceso de reciclaje empieza a penas a cumplido la vida útil de los residuos electrónicos, estos deben ser recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden servir como materia prima para la creación de otros o bien para ser vendidos para repuestos entre otros, para el caso de los dispositivos electrónicos se debe tomar un especial caso ya que a diferencia de otros residuos tales como el papel, vidrio, cartón, los RAEE mantienen componentes que llegan a ser nocivos y peligrosos para la salud y el ambiente como son las baterías, residuos de metales pesados, sueldas de cobre etc.



**Ilustración 3-28:** Mecanismos de reciclaje

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

En principio dentro de la ciudad de Riobamba el principal problema sea la falta de educación y la carencia de puntos de reciclaje de este tipo de residuos, se estima que una vez superada estas barreras la capacidad de gestionar de manera adecuada estos desechos influiría de buena manera en el desarrollo y calidad ecosistémica, tal y como se observa en el flujo de proceso en la figura correspondiente.

### **3.6.5. *Reciclaje de baterías de los dispositivos electrónicos***

El reciclaje de baterías de dispositivos electrónicos es un proceso esencial para minimizar el impacto ambiental y prevenir la contaminación causada por los metales pesados y productos químicos peligrosos presentes en estas baterías. Hay varios métodos de reciclaje utilizados para aprovechar al máximo los componentes de las baterías (Bernabé, 2020, p. 12).

El primer método de reciclaje es el desmontaje y separación de los componentes. Las baterías se desmontan y se separan en diferentes materiales, como metales, plásticos y electrolitos. Luego, estos materiales se procesan individualmente para su reutilización. Los metales, como el litio, cobalto y níquel, se extraen y refinan para su uso en la fabricación de nuevas baterías. Los plásticos se reciclan y se utilizan en la producción de otros productos plásticos, mientras que los electrolitos pueden someterse a tratamientos químicos para su neutralización o recuperación.

Otro método de reciclaje es la pirometalurgia. En este proceso, las baterías se incineran en hornos especiales a altas temperaturas. Durante la incineración, los componentes de las baterías se descomponen y se separan en diferentes metales. Estos metales se pueden recuperar y utilizar en la fabricación de nuevos productos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este método de reciclaje puede generar emisiones y residuos tóxicos, por lo que se deben aplicar estrictos controles para minimizar los impactos ambientales y para garantizar una adecuada eliminación de los residuos generados (Bernabé, 2020, p. 12).

Un tercer método de reciclaje es la hidrometalurgia. En este proceso, las baterías se sumergen en soluciones acuosas y se someten a reacciones químicas para disolver los metales presentes en ellas. Estos metales se recuperan de las soluciones y se purifican para su posterior uso.

En Ecuador, el reciclaje de baterías de dispositivos electrónicos se ha convertido en una preocupación creciente debido a los impactos ambientales asociados con la incorrecta disposición de estos residuos. Aunque aún hay avances por hacer, se han implementado algunas iniciativas para promover el reciclaje de baterías en el país. Una de las medidas adoptadas es la Ley Orgánica de Prevención, Control y Gestión Integral de Residuos (LOPGIR), que establece la responsabilidad compartida entre los fabricantes, importadores y distribuidores de dispositivos electrónicos y baterías para su recolección y gestión adecuada al final de su vida útil. (Riva, 2016, p. 16).



**Ilustración 3-29:** Reciclaje de baterías

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 3.6.6. Puntos de reciclaje

Entre las líneas de acción propuestas son la creación de puntos de reciclaje en sitios clave de la ciudad estos puntos a su vez servirán para albergar temporalmente este tipo de residuos y separar las baterías de otros componentes, el objetivo es tratar de hacer una breve clasificación hasta que llegue las o personas o empresas encargadas para llevarse los residuos para su tratamiento. Tomando como referencia los puntos de reciclaje en la ciudad de Guaymallén en Argentina cuyas zonas o islas están adecuadas 100% para albergar discos rígidos, gabinetes, celulares, cables varios, centrales de telecomunicación, switches, disqueteras, filmadoras, fotocopiadoras, CD/DVD, grabadoras y lectoras de CD/DVD, impresoras, lectoras de disquete, memoria RAM, módems, monitores (LED, CRT y LCD), mouse, notebooks, parlantes, placas video/red, equipos de audio, reproductores de DVD, rúters, escáner, cargadores USB entre otros.



**Ilustración 3-30:** Puntos de reciclaje RAEE

Realizado por: Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 3.6.6.1. *Campañas de concientización ambiental*

Otra de las propuestas que se considera viable dentro de la ciudad de Riobamba, son todas aquellas actividades que tengan relación con la educación ambiental y del reciclaje, esto se debe formar desde las aulas de clases y socializando con los ciudadanos, se debe tomar en cuenta que Riobamba al contar con varias instituciones educativas secundarias y de educación superior, que estas sean las que lideren este servicio a la comunidad, en donde se traten temas sobre los impactos ambientales que tienen estos residuos. Sus componentes, como y donde pueden depositar estos residuos, e inclusive dar una vuelta de rosca y no solo ver a los RAEE como algo sin beneficio si no por lo contrario como una forma de inversión y de trabajo para ciertos habitantes de sectores específicos de la ciudad (Obando, 2017, p. 16).

### 3.6.6.2. *Fomentación de la educación en el reciclaje*

Parte fundamental es incluir en la malla educativa todo lo que involucre educación ambiental y reciclaje se debe hacer bastante énfasis en los principios de las 5R propuesto por Bea Johnson las cuales afirman los siguiente:

- **Reducir:** Hace mención de que dentro de nuestro diario vivir debemos reducir al máximo la generación de residuos lo que a la par deriva en que se evitar la extracción de recursos naturales y la utilización de agua y energía para la obtención de nuevos materiales.
- **Reciclar:** Principalmente se basa en incluir los materiales o residuos generados a un proceso de transformación o aprovechamiento para que estos cuenten con un nuevo ciclo de vida sea de su forma o uso original a un nuevo uso o producto. El primer paso para lograr un buen reciclaje es la correcta separación de los residuos, diferenciando sus componentes principales.
- **Reutilizar:** Consiste en brindarle un nuevo uso algún producto o material que ya ha a cumplido si vida útil, por lo general a nivel industrial reutilizar estos residuos permite generar materia prima para la elaboración de otros productos.
- **Reparar:** Significa hacer los cambios necesarios a una cosa que está dañada, en mal estado o rota pueda ser reparada o bien se recupere hasta que sea aprovechado por un tiempo más del estimado de su vida útil.
- **Recuperar:** Finalmente, la recuperación hace referencia a aprovechar el máximo posible aquellos objetos que anteriormente se creía que debían de ser desechado este término va de la mano con el reciclaje ya que se trata en este caso de los RAEE recuperar piezas de ordenadores, metales, plásticos etc. La idea es aprovechar al máximo los objetos y las partes que lo componen para que vuelvan a ser útiles y funcionen como repuestos (Pellegrino et al., 2021, p. 45).



**Ilustración 3-31:** 5R del reciclaje

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 3.6.7. *Impacto social del reciclaje en la ciudad de Riobamba*

La propuesta de implementación de un sistema de reciclaje que no solo involucre a las autoridades gubernamentales si no la población, empresas privadas e instituciones educativas en conjunto podrán mejorar la calidad de vida y estado ambiental de la ciudad, a pesar de que es una tarea realmente larga no resulta imposible.

Por parte del municipio se debe presentar un proyecto de leyes y ordenanzas encaminadas a la correcta disposición final de estos residuos, por parte de las instituciones educativas el fomentar programas de capacitación y charlas de los efectos nocivos de estos residuos y la enseñanza de los procesos de reciclaje y quizás la parte más difícil el llegar con este mensaje a la población en general, quienes serán las personas o actores principales durante este proceso los cuales deben estar conscientes de los riesgos ambientales y de salud que provocan estos componentes, así como acudir a los puntos de reciclaje indicados para depositar este tipo de residuos entre los resultados esperados se incluyen:

- Reducción de los impactos ambientales adversos sobre el agua, la tierra y el aire.
- Mejoramiento de la salud de las personas y de los ecosistemas.
- Creación de empleos ligados a los procesos de reciclaje
- Reducir el consumo de materiales, a través de su reutilización.
- Brindar oportunidades de capacitación en reparación de equipos, en particular para grupos de la población con dificultades de inserción.

### 3.6.8. Participación de las autoridades

Finalmente como parte de la línea de acción de la propuesta para generar un reciclaje adecuado de los residuos electrónicos es necesario mencionar el grado de participación de las autoridades municipales y del estado en general, en la ciudad de Riobamba no se tiene una normativa vigente y actualizada sobre los mecanismos necesarios para realizar un correcto reciclaje de este tipo de elementos, aún se nota una carencia marcada de infraestructura y puntos de reciclaje en las zonas céntricas de la ciudad, la poca dinámica de reciclaje se lo viene llevando a cabo por pequeñas empresas recolectoras de estos materiales pero si bien estas tratan de aprovechar los residuos y componentes de la basura electrónica, no llegan a eliminar de forma adecuada las partes más nocivas y tóxicas de estos componentes, de ahí la necesidad de que se instalen políticas en post del mejoramiento ambiental y que estas vayan de la mano con el apoyo técnico y económico de la municipalidad, la construcción y puesta en marcha de una planta de reciclaje en la ciudad es una inversión a futuro que permitirá salvaguardar la calidad ambiental de la ciudad de Riobamba y la salud de sus habitantes.



**Ilustración 3-32:** Actores del proceso de reciclaje

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.

### 3.6.9. Participación de las principales empresas telefónicas

Más de 650 productores entre importadores, ensambladores y fabricantes que manejan aproximadamente el 90% del mercado de productos eléctricos y electrónicos, serán regulados a través de este Instructivo, beneficiando así a más de 50 mil recicladores de base del país, quienes serán capacitados para la recolección y comercialización de materiales obtenidos a partir de estos residuos, entre estos se incluyen las operadoras principales de telefonía en el Ecuador las cuales no brindan un servicio adecuado para generar puntos de reciclaje de telefonía celular en sus puntos de venta acción que debería plantearse como normativa para futuros contratos, ya que el son empresas que cuentan con el capital suficiente para generar este tipo de actividades.



**Ilustración 3-33:** Ejemplo de campaña de reciclaje de RAEE

**Realizado por:** Alvarez Tapia Melissa; Fernández Espín David, 2023.



## CONCLUSIONES

- Se determinó que los principales residuos electrónicos generados dentro de la ciudad de Riobamba lo constituyeron aquellos relacionados a la telefonía móvil con un 67% seguido de los dispositivos a asociados a estos como tablets, Kindle, reproductores de audio y video entre otros, además considerando el flujo de proceso y la maquinaria que la planta de reciclaje debe tener esta podría no solo abarcar los desechos electrónicos móviles, si no por lo contrario también estaría apta para reutilizar residuos de línea blanca como cocinas, refrigeradoras e incluso materiales cuya constitución no impliquen un cambio radical en el flujograma de aprovechamiento y disposición de los materiales dentro de la planta propuesto en este proyecto técnico.
- Se concluyó mediante el cálculo del PPC generado que este abarca alrededor de 8 a 12 toneladas de residuos electrónicos, estimaciones tomadas junto con los datos del INEC, tomando en cuenta que la distribución de dispositivos electrónicos cada vez abarca un mayor volumen dentro de la población, la cantidad de residuos también aumentará por lo cual se determina que es factible y necesario la construcción de una planta piloto de reciclaje de residuos sólidos electrónicos e inclusive de línea blanca, en la ciudad de Riobamba, que fomente la disminución de la huella de carbono de la ciudad y mejore la calidad ecosistémica de sus habitantes.
- Se determinó mediante las encuestas realizadas que cerca del 40% de la población almacena sus dispositivos electrónicos que han cumplido su vida útil de forma inadecuada en sus hogares mientras que un 28% indicó que desecha estos residuos juntos con los de otro tipo o simplemente lo dejan a la intemperie, en cuanto al conocimiento del reciclaje tan solo un 25% conoce o a escuchado sobre qué hacer y cómo manejar este tipo de residuos por cual es preciso mencionar que es necesario fomentar la cultura del reciclaje dentro de la población, así como involucrar de forma activa la participación de autoridades que se encarguen de la parte técnica y definan planes y puntos de reciclaje a lo largo de la ciudad para que la gente pueda disponer estos desechos de la manera más acertada posible.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda fomentar los procesos de reciclaje mediante la participación de la sociedad y de las autoridades, fomentar una cultura que destine sus residuos de manera responsable ayuda a reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida y ecosistémica de la ciudad de Riobamba.
- Se recomienda aumentar los puntos de acopio o residuos electrónicos o también denominados eco puntos en las zonas con mayor concentración de población, a su vez estos puntos de reciclaje deberán ser construidos de manera técnica que impidan que estos residuos se destruyan por las condiciones ambientales, hasta que el gestor indicado pueda llevarlos para su posterior tratamiento y disposición final.
- Finalmente, es necesario considerar la creación de una planta piloto de reciclaje de residuos electrónicos dentro de la ciudad de Riobamba y completar con estudios técnicos en las diferentes áreas que avalen con mayor precisión la factibilidad y la zona de establecimiento de la planta consideran tanto los aspectos ambientales, económicos y sociales.

## GLOSARIO

- **AEE:** Dentro del campo referente a los residuos esta sigla representa los aparatos eléctricos y electrónicos y los residuos asociados a estos, dentro de sus componentes para funcionar necesitarán de una fuente de energía como las baterías (He et al., 2022, p. 4).
- **Bioacumulativo:** Hace referencia a las sustancias que tienden a acumularse en los tejidos grasos de los organismos vivos, generalmente esos se incorporan por medio de la cadena alimenticia y en este caso de forma externa a través de fenómenos de contaminación, sus consecuencias van desde de daños celulares hasta la muerte (Franke et al., 1994, p. 22).
- **LCD:** sus siglas en ingles son liquid-crystal display, no es más que una pantalla con un número determinado de pixeles en color o monocromo que delante de una luz reflectora se traduce en una imagen o grupo de imágenes (Akcil et al., 2019, p. 9-10).
- **PCB:** Dentro del mundo de la electrónica el PCB es in circuito impreso en una superficie construida por varias pistas soldadas con un material conductor laminado y que está asentado sobre una base no conductora (Akcil et al., 2019, p. 9-10).
- **Puzolánico:** Es una reacción de un material denominado como aglomerante es decir que tenga la capacidad para reaccionar con otros compuestos como el hidróxido de calcio, generalmente es un proceso propio de la oxidación de los materiales(Chacchi y Perez, 2022, p. 15-17).
- **RAEE:** Sus siglas representan Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, y representa todos los desechos de origen electrónico (Chacchi y Perez, 2022, p. 15-17).
- **Reciclaje:** Se denomina reciclaje como el proceso donde el objetivo principal es convertir los residuos en nuevos productos aprovechables o que sirvan de materia prima para la generación de nuevos productos, con esto se espera la reducción del impacto ambiental, consumo de energía entre otros (Ulloa y Virgen, 2022, p. 23-26).
- **Residuo:** Consiste en toda aquella sustancia o material que ha perdido su funcionalidad o a cumplido su vida útil y que dependiendo de sus características pueden ser nuevamente aprovechados o bien depositada ya en un lugar adecuado como su disposición final (Ulloa y Virgen, 2022, p. 23-26)

## BIBLIOGRAFÍA

**ACUERDO MINISTERIAL 190.**, 2015. *Acuerdos 190. Expídese la Política Nacional de Post-consumo de Equipos Eléctricos y Electrónicos en Desuso* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://vlex.ec/vid/expidese-post-consumo-electronicos-desuso-416982974>.

**AKCIL, Ata. et al.** "Valorization of waste LCD and recovery of critical raw material for circular economy: A review". *Resources, Conservation and Recycling*, 2019, vol. 149, pp. 622-637., ISSN 0921-3449. DOI 10.1016/j.resconrec.2019.06.031.

**ANSIN, Andrés. et al.**, Convivir con el plomo. Un aprendizaje necesario [en línea]. S.l.: Ediciones Universitarias,. 2022. [Consulta: 5 enero 2023]. ISBN 978-9974-0-1927-0. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/33959>.

**ASQUI GRANDA, Washington Danilo.**, Desarrollo de un plan piloto para optimizar el ciclo de vida de equipos instalados por las empresas de telecomunicaciones en Ecuador (Estudio de caso CNT EP) [en línea]. (masterThesis). Quito, 2017., S.l.: 2017. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17324>.

**BERMEO-PAUCAR, Javier Bermeo-Paucar. et al.** "EL RECICLAJE LA INDUSTRIA DEL FUTURO EN ECUADOR". *Universidad Ciencia y Tecnología*, 2018, vol. 22, no 87, pp. 8-8., ISSN 2542-3401.

**CASTAÑEDA ESPÁRRAGA, Neydy Yeedyth. & SHIMPUKAT TAIJIN, Ulises Shimpu.** "ESTRATEGIA SOSTENIBLE PARA EL MANEJO Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN EL DISTRITO IMAZA – CHIRIACO 2018.". En: Accepted: 2020-11-17T21:17:52Z, *Universidad de Lambayeque* [en línea], 2020, [Consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/jspui/handle/UDL/372>.

**CASTRO GAMARRA, Dorinha Cecilia.** "Propuesta de un Sistema de manejo de residuos de aparatos Eléctricos y Electrónicos en el distrito de Arequipa". En: Accepted: 2019-08-13T15:01:58Z, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], 2019, [Consulta: 5 enero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9130>.

**CHEN, Mengjun. et al.** "Electronic Waste Disassembly with Industrial Waste Heat". *Environmental Science & Technology*, 2013, vol. 47, no 21, pp. 12409-12416., ISSN 0013-936X, 1520-5851. DOI 10.1021/es402102t.

**CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR.,** 2008. *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008* [en línea]. 2008. S.l.: Lexis,. Disponible en: [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf).

**CRUZ SOTELO, Samantha. et al.,** La huella del carbono durante el ciclo de vida del teléfono celular [en línea]. S.l.: Asociación Española de Climatología,. 2014. [Consulta: 12 noviembre 2022]. ISBN 978-84-16027-69-9. Disponible en: <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/8237>.

**DEXTRE MINAYA, Rosa María Alejandra.** "Análisis de ciclo de vida (acv) del manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) por la empresa operadora de residuos comintel S.A.C., Lima, periodo 2017-2019". En: Accepted: 2020-12-02T15:02:08Z, *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo* [en línea], 2020a, [Consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4326>.

**DIAZ CHACCHI, Jerson Wilder Cesar. & ESCARCENA PEREZ, Frank Manuel.** "Tecnologías de recuperación de metales preciosos a partir de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): Una revisión sistemática". En: Accepted: 2022-11-16T19:02:48Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], 2022, [Consulta: 8 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101795>.

**DÍAZ, José Luis Bocanegra. et al.** "I. ANÁLISIS DE LA LOGÍSTICA INVERSA AL RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN UNA EMPRESA MINERA". *Revista de Investigación en Gestión Industrial, Ambiental, Seguridad y Salud en el Trabajo - GISST*, 2021<sup>a</sup>, vol. 5, no 6, pp. 1-17., ISSN 2711-2934. DOI 10.34893/gisst.v6i6.97.

**DÍAZ, José Luis Bocanegra. et al.** "I. ANÁLISIS DE LA LOGÍSTICA INVERSA AL RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) EN UNA EMPRESA MINERA". *Revista de Investigación en Gestión Industrial, Ambiental, Seguridad y Salud en el Trabajo - GISST*, 2021<sup>b</sup>, vol. 5, no 6, pp. 1-17., ISSN 2711-2934. DOI 10.34893/gisst.v6i6.97.

**DIAZ MEDRANO, Sonia. & FLORES LOZADA, Maarja Caroline.** "Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Latinoamérica: una revisión del manejo, estrategias y desafíos". En: Accepted: 2021-04-21T22:02:32Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], 2020, [Consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57774>.

**DICELIS MONTILLA, Camilo Andrés. & RODRÍGUEZ CAMPOS, Cristhian Fabian.,** Diseño del programa para la promoción y gestión integral de residuos de aparatos electrónicos - raee en el municipio de cabrera cundinamarca [en línea]. (Thesis). s.n. S.l.: 2016. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/936>.

**FELIZZOLA DELGADO, Nelson Anibal.** "Recycle This planta de reciclaje electrónico". En: Accepted: 2014-12-09T13:31:54Z [en línea], 2013, [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/10552>.

**FRANKE, Christian. et al.** "The assessment of bioaccumulation". *Chemosphere*, 1994, vol. 29, no 7, pp. 1501-1514., ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/0045-6535(94)90281-X.

**GARABIZA, Bella R. et al.** "La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso". En: Accepted: 2022-06-28T15:47:30Z [en línea], 2021, [Consulta: 8 diciembre 2022]. ISSN 0798-1015. DOI 10.48082/espacios-a21v42n02p17. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/654321/7669>.

**GRANIZO PEÑAFIEL, Gabriel Alejandro.,** Realización de una serie de infomerciales educativos del reciclaje de materiales de desecho en los hogares ecuatorianos. [en línea]. (bachelorThesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,. S.l.: 2011. [Consulta: 31 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1046>.

**GUTIÉRREZ GALLEGO, Juan Camilo.,** Estructuración de un modelo de negocio basado en el aprovechamiento de residuos eléctricos y electrónicos [en línea]. (info:eu-repo/semantics/masterThesis). Universidad EAFIT,. S.l.: 2015. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/7500>.

**HE, Qi. et al.** "Ester decorated 1,2,4,5-tetraphenylbenzene electrochromic materials with AEE activity, high optical contrast, fast response, and good cycling stability". *Dyes and Pigments*, 2022, vol. 205, pp. 110553., ISSN 0143-7208. DOI 10.1016/j.dyepig.2022.110553.

**INEC.,** 2010. *FASCÍCULO PROVINCIAL CHIMBORAZO* [en línea]. 2010. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/chimborazo.pdf>.

**LÓPEZ BERNABÉ, Aldair.** "Estudio para la presentación de una propuesta para el manejo integral de los RAEE en México". En: Accepted: 2020-02-24T23:17:40Z [en línea], 2020, [Consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/27945>.

**MACIAS, Henry. et al.,** LOS DESECHOS TECNOLOGICOS Y SU IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE Y SALUD DE LA COMUNIDAD. S.l.: s.n. 2022. ISBN 978-9942-81-682-5.

**MARTILLO ALCHUNDIA, Ivette. et al.** "Alternativas ambientales para el tratamiento de los desechos tecnológicos". *Contribuciones a las Ciencias Sociales* [en línea], 2018, no noviembre, [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/cccsc/2018/11/tratamiento-desechos-tecnologicos.html>.

**NARANJO, Freddy Patricio Baño. et al.** "Tecnología 2.0 y la cultura de reciclaje electrónico en UNIANDÉS Ambato.". *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores* [en línea], 2019, [Consulta: 12 noviembre 2022]. ISSN 2007-7890. Disponible en: <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/1415>.

**OBANDO, José Fabián Ríos.** "Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el municipio de Armenia, Quindío". *Libre Empresa*, 2017, vol. 14, no 1, pp. 167-187., ISSN 2538-9904. DOI 10.18041/libemp.2017.v14n1.27108.

**ORREGO CAMPOS, Inés. & VÁSQUEZ MONTAÑO, Jefferson Geraldo.** "Plan de negocio para la creación de una planta de reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos en Lambayeque, 2021". En: Accepted: 2023-01-05T20:28:35Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], 2021, [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104312>.

**PARRALES, Ligia Vanessa Sánchez. & CAMPUZANO, Marcos Fernando Pazmiño.** "La cultura del reciclaje de desechos informáticos y la contextualización de la Norma ISO 14001: 2015". *Revista Científica Sinapsis* [en línea], 2022, vol. 2, no 21, [Consulta: 31 enero 2023]. ISSN 1390-9770. DOI 10.37117/s.v2i21.663. Disponible en: <https://revistas.itsup.edu.ec/index.php/sinapsis/article/view/663>.

**PELLEGRINO, Luis Ariel. et al.** "Riesgos de la gestión ambientalmente inadecuada de RAEE. Definición y pasos para un tratamiento sustentable / Riscos da gestão ambientalmente inadequada de REEE. Definição e passos para um tratamento sustentável". *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 2021, vol. 4, no 3, pp. 4783-4796., ISSN 2595-573X. DOI 10.34188/bjaerv4n3-154.

**PINEDA OSORIO, David Alejandro.** "Modelo para la gestión de reciclaje de residuos electrónicos". En: Accepted: 2013-03-12T19:48:55Z [en línea], 2012, [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112257>.

**QUISPE QUISPE, Rocio Marleny.** "Plan de minimización y manejo de residuos sólidos no municipales de la empresa conservas y congelados s.r.l.". En: Accepted: 2022-09-27T21:23:27Z [en línea], 2021, [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6825>.

**RÍOS AMEZCUA, Salvador David.,** Propuesta de sistema para redirigir el residuo sólido urbano en Rheem Mexicali y lograr "Cero Residuos al Relleno Sanitario" [en línea]. (Thesis). SPI. S.l.: 2020. [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.cetys.mx/handle/60000/1124>.

**RIVA, Yohana Paola.,** Desarrollo de una propuesta de gestión de los residuos eléctricos y electrónicos en la Ciudad de Córdoba, Argentina [en línea]. (thesis). s.n. S.l.: 2016. [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/10754>.

**ROJAS SIERRA, Valentina.** "Lineamientos para una gestión integral de los residuos de artículos eléctricos y electrónicos (RAEE) para los hogares de la ciudad de Ibagué". En: Accepted: 2019-02-04T14:55:44Z [en línea], 2018, [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/40445>.



**SALAVERT LAFUENTE, Laura.**, Análisis e identificación de los impactos ambientales de un equipo eléctrico y electrónico durante su ciclo de vida. Aplicación a un teléfono inalámbrico [en línea]. (Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado). Universitat Politècnica de València,. S.l.: 2015. [Consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/49724>.

**SOLER, Aurora.** "Reducción de contaminantes en la descomposición térmica de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos". En: Accepted: 2019-02-04T09:56:42Z [en línea], 2018, [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/87527>.

**TELLEZ, Efrain Masmela.** "RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE DESECHOS TECNOLÓGICOS E INFORMÁTICOS EN GIRARDOT «TECNO-RECICLAJE»". *Revista Electrónica de Investigación de Tecnologías Educativas*, 2017, vol. 2, no 2, pp. 12-14., ISSN 2539-2506.

**ULLOA, María José Valarezo. & VIRGEN, Lazaro Ruiz.** "El reciclaje de plásticos, un reto para lograr una economía circular". *CEDAMAZ* [en línea], 2022, vol. 12, no 2, [Consulta: 8 febrero 2023]. ISSN 1390-5902. DOI 10.54753/cedamaz.v12i2.1265. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1265>.

**VELOSA, Gerson Julián. & ROLÓN, Barbara González.** "CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO DEL RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)". *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2016, vol. 2, no 1, pp. 1870-1876., ISSN 2395-9797.

**VENEGAS MARCEL, Marcelo E. et al.** "Modelo procedimental para la caracterización y valoración de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE". *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, 2020, no 87, pp. 274-287., ISSN 1853-3523. DOI 10.18682/cdc.vi87.3771.

**VERDUGO, Rincón. & DAVEIBA, María.** "Estrategia para la optimización de la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza - Cundinamarca". En: Accepted: 2022-02-01T21:05:30Z [en línea], 2021, [Consulta: 5 enero 2023]. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11313>.

**ZAMORA MORA, Andrés Felipe.**, Estudio de factibilidad para el montaje de una empresa gestora de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la ciudad de Cuenca-Ecuador

[en línea]. (bachelorThesis). Universidad del Azuay,. S.l.: 2020. [Consulta: 12 noviembre 2022].  
Disponibile en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10455>.



## ANEXOS

### ANEXO A: ENCUESTA APLICADA HABITANTES DEL CANTÓN (PÁG 1/2)



#### ENCUESTA GUIADA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

##### **"DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE PARA RESIDUOS DE DISPOSITIVOS ELECTRONICOS MOVILES Y CALCULO DE LA PPC EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA"**

La presente encuesta busca obtener información sobre la cantidad de dispositivos móviles, en el sector urbano del cantón Riobamba, de igual forma se busca conocer la percepción que tiene la ciudadanía frente al reciclaje, manejo y disposición final de este tipo de residuos. Sus respuestas son de vital importancia y serán utilizadas únicamente con fines académicos (se mantendrá absoluta confidencialidad)

**Instrucciones:** Leer con atención las preguntas propuestas

Marque con un (X) su respuesta

#### 1. Género:

Masculino		Femenino		Otro	
-----------	--	----------	--	------	--

#### 2. ¿Cuáles de los siguientes dispositivos electrónicos móviles posee Ud?

Dispositivos electrónicos	Uso	Desuso
Celular		
Tablet		
Kindle		
Videoconsolas portátiles.		
Reproductores de música digitales.		
Cámaras fotográficas digitales.		
Cámaras de video digitales.		
Ordenadores portátiles		

#### 3. ¿Para qué emplea usted los dispositivos móviles?

Trabajo	
Revisar redes sociales	
Escuchar música	
Jugar	
Solo con fines de mensajería y llamadas	

#### 4. ¿Sabe usted que son los Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)?

Conozco	
Desconozco	

**ANEXO B: ENCUESTA APLICADA HABITANTES DEL CANTÓN (PÁG 2/2)**

**5. ¿Qué hace con los equipos en desuso?**

Guarda	
Regala	
Vende	
Desecha junto con los residuos domiciliarios comunes	
Desecha de forma adecuada	
Lo da a un reciclador	

**6. ¿Cada cuánto tiempo cambia sus aparatos eléctricos?**

Una vez al año	
Dos veces al año	
Más de dos veces al año	
Mantiene el mismo por 2 años o más	

**7. ¿Conoce usted sobre los materiales con los que están fabricados los dispositivos electrónicos móviles?**

SI		NO	
----	--	----	--

**8. ¿Sabe Ud. ¿La problemática ambiental a la cual está ligada el desecho de dispositivos electrónicos de manera inapropiada?**

SI		NO	
----	--	----	--

**9. ¿Sabe Ud. si en la ciudad de Riobamba existe algún tipo de tratamiento de los residuos eléctricos y electrónicos?**

SI		NO	
----	--	----	--

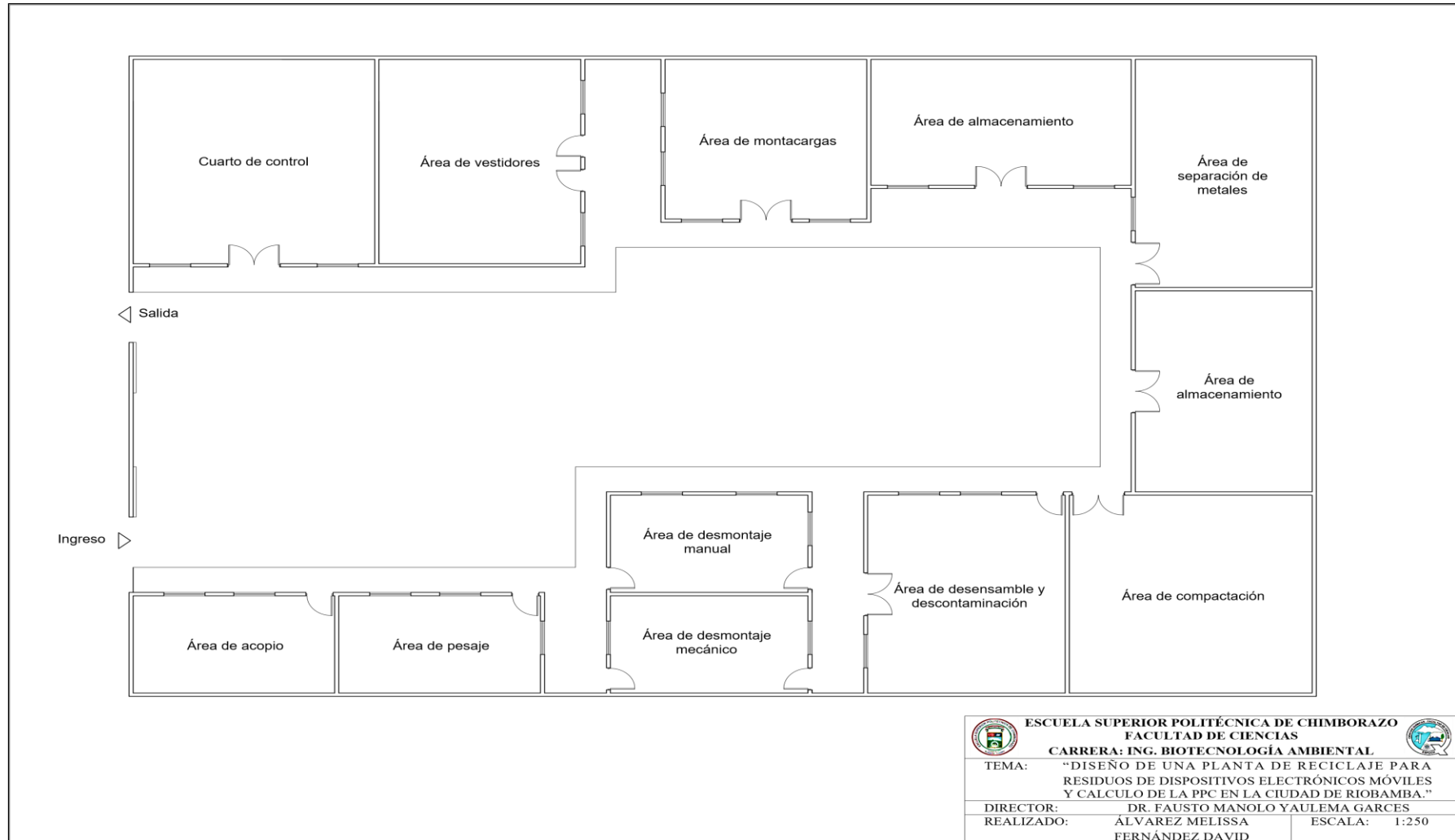
**10. ¿De quién cree usted que es la responsabilidad del manejo de los residuos electrónicos?**

Gad Municipal de Riobamba	
Empresas Privadas	
Empresas ensambladoras de equipos eléctricos y electrónicos	
Empresas importadoras y distribuidoras de equipos electrónicos	

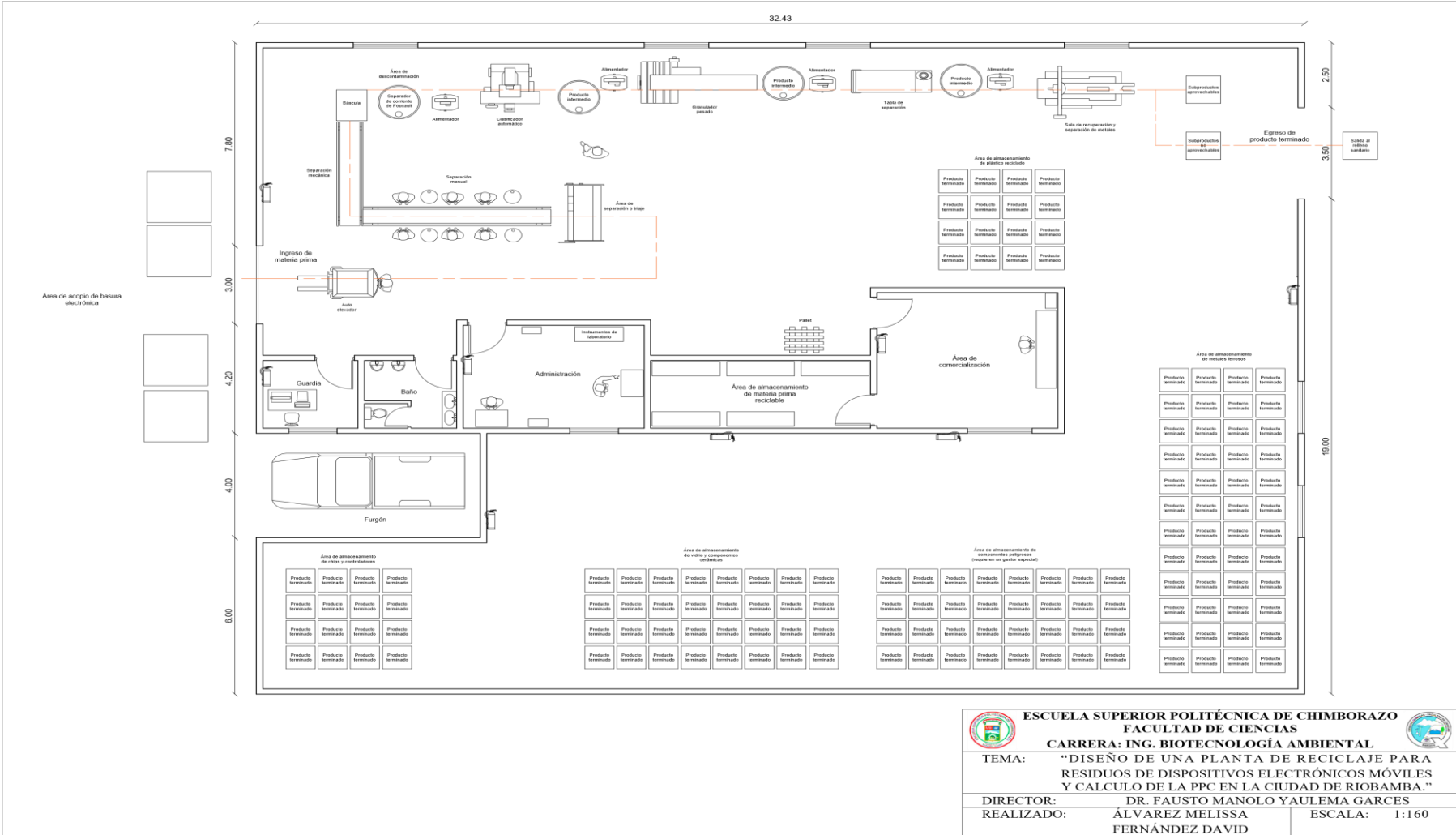
**11. ¿Cree usted que es necesario una planta de reciclaje de residuos electrónicos en la ciudad de Riobamba?**

SI		NO	
----	--	----	--

## ANEXO C: PLANO VISTA GENERAL DE LA PLANTA DE RECICLAJE RAEE

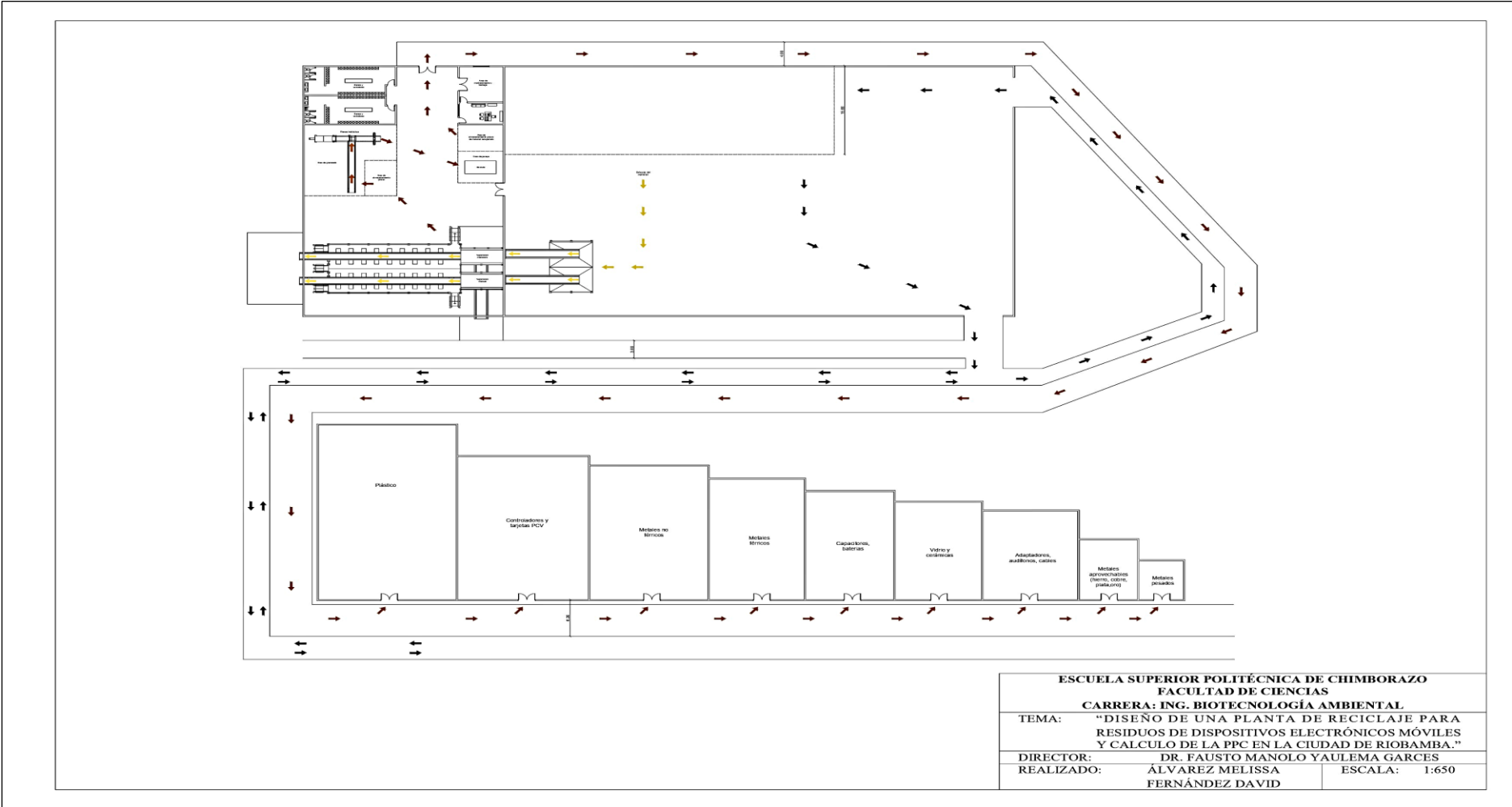


# ANEXO D: ÁREAS DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE RAEE



	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA: ING. BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL</b>	
<b>TEMA: "DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE PARA RESIDUOS DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS MÓVILES Y CALCULO DE LA PPC EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA."</b>		
<b>DIRECTOR: DR. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCÉS</b>		
<b>REALIZADO: ALVAREZ MELISSA FERNÁNDEZ DAVID</b>		<b>ESCALA: 1:160</b>

**ANEXO E: DIAGRAMA DEL PROCESO DE RECICLAJE DE LOS RAE**





**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 14 / 08 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <b>Melissa Mishel Alvarez Tapia</b> <b>David Sebastián Fernandez Espin</b>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad: CIENCIAS</b>
<b>Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental</b>
<b>Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental</b>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo</b>

**1267-DBRA-UPT-2023**

