



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ELECTRÓNICOS EN LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS, CAMPUS CENTRAL**

**Radny Enzo Fernely Salazar Marroquín**  
Asesorado por el Ing. Óscar Rafael Pérez Ramírez

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ELECTRÓNICOS EN LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS, CAMPUS CENTRAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RADNY ENZO FERNELY SALAZAR MARROQUÍN**  
ASESORADO POR EL ING. ÓSCAR RAFAEL PÉREZ RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROPUESTA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ELECTRÓNICOS EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, CAMPUS CENTRAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 24 de octubre de 2015.

  
**Radny Enzo Fernely Salazar Marroquín**



**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226**

ADSE-MEAPP-008-2017

Guatemala, 04 de abril de 2017.

Director  
Francisco Gómez Rivera  
Escuela de **Ingeniería Industrial**  
Presente.

Estimado Director:

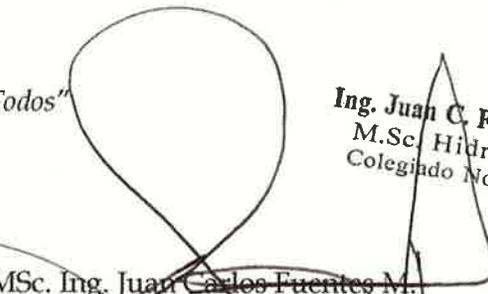
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Radny Enzo Fernely Salazar Marroquín** carné número **200718888**, quien opto la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

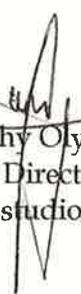
Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
MSc. Ing. Oscar Rafael Pérez Ramírez  
**Oscar Rafael Pérez Ramírez**  
**Ingeniero Químico**  
**Colegiado 710**

  
MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.  
Coordinador de Área  
Desarrollo social y energético

**Ing. Juan C. Fuentes M.**  
M.Sc. Hidrología  
Colegiado No. 2,504

  
MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la



REF.DIR.EMI.084.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PARA LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ELECTRÓNICOS EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, CAMPUS CENTRAL**, presentado por el estudiante universitario **Radny Enzo Fernely Salazar Marroquín**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2017.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ELECTRÓNICOS EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, CAMPUS CENTRAL**, presentado por el estudiante universitario: **Radny Enzo Fernely Salazar Marroquín**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO



Guatemala, agosto de 2017

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por las bendiciones a mi familia y por brindarme la oportunidad de cumplir uno de los objetivos de mi vida.

### **Mis padres**

Marta Marroquín y Víctor Salazar por brindarme la vida y su apoyo incondicional en cada momento a lo largo de mi vida.

### **Mis hermanos**

Dafne y Edson Salazar por los buenos momentos que vivimos en la niñez y por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios**

Por las bendiciones que siempre ha recibido mi familia y por permitirme luchar cada día por mis objetivos.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por brindar la oportunidad de desarrollo educativo a la población guatemalteca.

**Mi familia**

Por estar siempre unidos en los buenos y malos momentos de la vida y por apoyarnos mutuamente.

**Mis amigos**

Por su apreciable amistad, apoyo, compañía y buenos momentos que hemos vivido juntos y por los que vendrán.

**Mi asesor**

Ing. Óscar Rafael Pérez Ramírez por apoyarme en la realización de este trabajo de graduación y al Ing. Rodrigo Samayoa por su apoyo en todo momento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
3. JUSTIFICACIÓN .....	7
4. ALCANCES .....	9
5. MARCO TEÓRICO.....	11
5.1. Aspectos conceptuales.....	11
5.2. Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE).....	11
5.3. Basura electrónica .....	11
5.4. Materiales tóxicos de los residuos electrónicos.....	12
5.5. Contaminación química .....	12
5.6. Contaminación atmosférica .....	13
5.7. Recolección de residuos electrónicos .....	14
5.8. La recolección selectiva.....	14
5.9. Gestión de residuos electrónicos.....	15

5.9.1.	Las 3R .....	15
5.9.2.	Reducir .....	15
5.9.3.	Reutilizar .....	15
5.9.4.	Reciclar .....	16
5.9.4.1.	Reciclaje mecánico /físico .....	16
5.9.4.2.	Desmontaje .....	16
5.9.4.3.	Trituración .....	17
5.9.4.4.	Separación .....	17
5.9.5.	Refinado .....	18
5.9.6.	Tratamiento y disposición final .....	19
5.9.6.1.	Estabilización .....	19
5.9.6.2.	Inertización .....	19
5.9.6.3.	Relleno de seguridad o landfill .....	20
6.	PROPUESTA DE CONTENIDOS .....	21
7.	METODOLOGÍA .....	25
7.1.	Fase 1: Investigación documental .....	25
7.2.	Fase 2: Visita de campo a las áreas de almacenamiento de desechos electrónicos .....	25
7.3.	Fase 3: Cuantificación total de desechos electrónicos .....	25
7.4.	Fase 4: Clasificación y caracterización .....	27
7.5.	Fase 5: Diagnóstico .....	29
7.6.	Fase 6: Propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos .....	29
8.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....	31
9.	CRONOGRAMA .....	33

10. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	37



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplo de cantidad generada de desechos electrónicos .....	27
2.	Ejemplo de peso total de desechos electrónicos .....	29
3.	Cronograma propuesto .....	33

### TABLAS

I.	Conteo de desechos electrónicos por área .....	26
II.	Caracterización de desechos electrónicos .....	28
III.	Recursos necesarios.....	35



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°C	Grado Celsius
Cd	Cadmio
Hg	Mercurio
Pb	Plomo



## GLOSARIO

<b>Caracterización</b>	Determinación de los atributos peculiares de una persona o cosa, de modo que se distinga de las demás.
<b>Chatarra electrónica</b>	Dispositivos eléctricos o electrónicos que han llegado al final de su vida útil y, por lo tanto, son desechados.
<b>Clasificación</b>	Se refiere a la organización o situar algo según un criterio determinado.
<b>Computadora</b>	Máquina electrónica capaz de recibir un conjunto de órdenes y ejecutarlas realizando cálculos complejos o agrupando y correlacionando otros tipos de información.
<b>Cuantificar</b>	Expresar numéricamente una magnitud.
<b>Gestión ambiental</b>	Serie de actividades, políticas, dirigidas a manejar de manera integral el medio ambiente de un territorio dado.
<b>Hardware</b>	Conjunto de los componentes que conforman la parte material de una computadora.

<b>Reciclaje</b>	Consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en desuso o utilizados.
<b>Reducción</b>	Disminución de algo que anteriormente era de gran medida.
<b>Relleno de seguridad</b>	Son instalaciones de disposición que permiten el almacenamiento de los residuos en el suelo, aislados del ambiente.
<b>Reutilización</b>	Aprovechar el residuo, para las mismas aplicaciones que tenía cuando se encontraba en su vida útil, mediante una serie de tratamientos.
<b>Revalorización</b>	Devolución a algo del valor o estimación que había perdido.
<b>Scanner</b>	Es un dispositivo tecnológico que se encarga de obtener imágenes, señales o información de todo tipo de objetos.

## RESUMEN

El avance de la tecnología ha permitido a la sociedad la utilización de gran cantidad de dispositivos electrónicos; sin embargo, su consumo ha crecido considerablemente pero no se han contemplado lineamientos y gestiones adecuadas para el manejo del desperdicio que se genera al finalizar su vida útil. La mayor parte de desechos electrónicos contienen componentes plásticos y metálicos que pueden representar peligro para la salud humana y para el medio ambiente.

La Universidad de San Carlos cuenta con procedimientos de baja de bienes de inventario, pero necesita fortalecerse por medio de una propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos debido a la importancia que conlleva desechar chatarra electrónica.

La propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos iniciará con una investigación documentada de bibliografía relacionada con el tema, se procederá a realizar visita de campo a las áreas de almacenamiento de desechos electrónicos tomando un adecuado registro. Continuará con la cuantificación de desechos electrónicos acumulados, se realizará la clasificación y caracterización debido a que se cuenta con componentes plásticos y metálicos. Se ofrecerá un diagnóstico detallado de la situación actual y, finalmente, se ofrecerá la propuesta de gestión de residuos electrónicos que se verá apoyada por la utilización de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer un plan de gestión ambiental en el manejo de desechos electrónicos, para la Universidad de San Carlos, campus central.

### **Específicos**

1. Identificar y cuantificar la cantidad de libras de chatarra electrónica que se descartan y proponer su reciclaje y reutilización.
2. Proponer un sistema de gestión de residuos electrónicos.
3. Identificar las consecuencias positivas que tendrá el sistema de gestión de residuos electrónicos.



## INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos cada año renueva sus equipos electrónicos, gran cantidad de dispositivos son desechados, pero no todos son descartados de un modo adecuado para evitar la contaminación al ambiente.

La siguiente propuesta de trabajo es un manejo de desechos electrónicos para la Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central. Es un tema reciente pero muy importante, debido al creciente interés por el cuidado medioambiental en el presente.

En el capítulo 1 se tratarán todos los temas y definiciones directamente relacionados con el manejo de desechos electrónicos, sea por la contaminación que causan al ambiente o por las alternativas que existen para el adecuado descarte, reciclaje y reutilización de sus partes.

En el capítulo 2 se describen todas las técnicas de recolección de información, como visitas de campo a las áreas de interés, toma de fotografías, estudios realizados para la obtención de datos, clasificación de los desechos según su toxicidad o no toxicidad y diseño de propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos.

En el capítulo 3 se describe el plan de manejo de desechos electrónicos el cual engloba los lineamientos para el adecuado descarte de los desechos electrónicos, clasificación de desechos electrónicos de acuerdo a su toxicidad o no toxicidad y el porcentaje de valor de recuperación de piezas.



## 1. ANTECEDENTES GENERALES

El manejo de desechos electrónicos es un tema que ha tomado gran importancia debido a las enormes cantidades de desperdicios de este tipo que se generan en todo el mundo; sin embargo, son pocos o nulos los estudios relacionados con la problemática que se han realizado en territorio guatemalteco. A continuación, se presentan estudios que presentan aportes y soluciones a la gestión de chatarra electrónica.

En el estudio *Desarrollo de un Plan de Negocio en el Aprovechamiento de Desperdicios Electrónicos de la Ciudad de Pereira Para el Año 2012* realizado por William Villa Morales y Juan Diego Gutiérrez Cortes se desarrolló una propuesta de plan de negocios que garantice el aprovechamiento y manejo de desperdicios electrónicos, por medio de la implementación de una planta de recolección, desmantelamiento, separación y embalaje de basura electrónica constituida, principalmente, por las PC de escritorio, computadores portátiles y celulares, “Una vez se tenga la basura electrónica sobre la mesa de trabajo, se procederá a desmantelar y separar la materia prima, que luego será depositada en los recipientes correspondientes, la mesa de trabajo cuenta con compartimientos para los materiales de bajo porcentaje en cantidad; para los materiales en altas cantidades (plástico, vidrio, acero y aluminio) se empacará en canecas de plástico para su posterior comercialización como materia prima”. (Morales & Gutiérrez Cortes, 2012)

En el estudio realizado por Diana Merino Bermeo titulado *Gestión de Desechos Electrónicos de Mayor Generación en La Ciudad de Loja* se planteó implementar la recolección selectiva para diferenciar los desechos. Se propuso

colocar puntos de acopio donde las personas puedan llevar sus equipos en desuso para, posteriormente, ser transportados a la planta de recepción de chatarra electrónica. Los equipos son clasificados, desensamblados, triturados y, finalmente, los materiales valorizables metálicos, para el caso particular de las unidades de disco duro, pueden ser fundidas en lingotes de aluminio para ser utilizados en la industria automotriz. Además, se impulsó la campaña de difusión y comunicación sobre los desechos electrónicos a los ciudadanos de Loja Ecuador para involucrarlos y darles a conocer las acciones preventivas y los riesgos que genera el inadecuado descarte de los desechos electrónicos. (Bermeo, 2010)

En el estudio *Selección de la Mejor Alternativa Para la Gestión Postconsumo de Residuos de Computadores en Colegios y Jardines Privados de la Ciudad de Pereira* realizado por Johan Andrés Bermeo Joven y Nathalia Tafur Viveros se analizaron diversas alternativas de manejo de desechos electrónicos tomando en cuenta sus ventajas y desventajas. Las alternativas fueron: A) Reciclaje B) Reutilización C) Rellenos de Seguridad D) Responsabilidad extendida al productor y E) Reducción. Se determinó que la mejor alternativa es el reciclaje debido a que favorece la disminución de la acumulación de equipos en las instituciones educativas de la ciudad de Pereira y que, finalmente, sean desechados inadecuadamente. Además, se destaca que es necesaria la creación de acuerdos entre las instituciones estatales y las instituciones educativas que permitan el reciclaje de los desechos electrónicos. Vale la pena mencionar que diversas partes metálicas de los computadores pueden ser reciclados para incorporarlas a equipos nuevos. (Joven & Tafur Viveros, 2013)

Se realizó un estudio titulado *Estudio Preliminar Sobre las Alternativas de Aprovechamiento de Desechos de Aparatos Electrónicos* realizado por Brenda Alicia Ortiz Fragoso. En él se determinó que la construcción de obras de

confinamiento con áreas específicas para los materiales y metales peligrosos, las celdas de aislamiento deben contar con sistemas de captación de lixiviados, muros de contención de concreto y acceso para la movilización de los residuos. La obra se debe construir a una distancia de 25 km de la población, en zonas no sísmicas. Las obras de confinamiento se ven apoyadas directamente por centros de acopio de desechos electrónicos, que sirven de fuente de recuperación de materiales para reciclaje y revalorización de piezas. (Fragoso, 2007)

Oswald Duwand Torres Manzano realizó un estudio titulado *Alternativa de Manejo Para la Gestión de los Residuos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) Generados por la Universidad Francisco de Paula Santander, Alcaldía Municipal de Ocaña Asucap San Jorge y el Laboratorio Electra*. En él se determinó que la mejor alternativa para el manejo de los desechos electrónicos es realizar la clasificación de evaluación y funcionamiento determinando si es apto para ser utilizado posteriormente, o si es obsoleto para reciclar sus piezas o reutilizadas. Posteriormente, en la fase de recolección, se determinó que es necesario el chequeo anual de los dispositivos según su estado:

A) Bueno, B) Regular y C) Malo, programando la recolección si el equipo es considerado inservible. Finalmente, los equipos son almacenados en áreas amplias y protegidas contra la intemperie que eviten la formación de lixiviados, pisos impermeables y personal calificado para manipular los RAEE. (Manzano, 2015)



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de desechos sólidos es un tema que ha cobrado gran importancia en la actualidad. Probablemente, se deba a su relación directa con el medio ambiente. Los crecientes avances de la tecnología, en especial de los equipos electrónicos como los equipos de cómputo, hacen que constantemente se adquieran computadoras, equipos de red informática, dispositivos de almacenamiento de energía etc. Por lo tanto, los dispositivos electrónicos son desechados constantemente, por lo cual es necesario analizar detalladamente una propuesta de reducción, reutilización y reciclaje de dispositivos electrónicos. Los desechos electrónicos están incluidos entre los desechos sólidos. Hasta hace unos pocos años han surgido empresas dedicadas al manejo de desechos electrónicos en Guatemala, pero, en general, aún no se le ha dado la importancia y el manejo adecuado a la chatarra electrónica.

Es común ver que la chatarra electrónica permanece almacenada en oficinas, bodegas u otros espacios en diversas empresas o entidades públicas. Además, grandes cantidades de desechos electrónicos terminan depositados en rellenos sanitarios o en manos de compradores de chatarra que desconocen el adecuado manejo de los desechos sólidos electrónicos y que tienen el objetivo de obtener ganancias económicas de la chatarra electrónica. Sin embargo, no se toma en cuenta que estos equipos contienen diversos metales que emiten radiación y pueden causar enfermedades temporales o permanentes a los humanos. Además, dañan gravemente el medio ambiente al desecharlos sin tomar en cuenta su peligrosidad debido a que pueden contaminar el suelo, acuíferos, hábitat de animales y otros recursos de vital importancia para el ser humano, por lo que deben ser manejados adecuadamente.

La situación descrita es común observarla en la Universidad de San Carlos. Cuando se dan de baja los equipos electrónicos, únicamente se descartan y se almacenan en bodegas durante largos periodos de tiempo. Estos desechos ocupan un espacio que puede destinarse para otras labores. Además, es muy probable que diversos metales, plásticos o pinturas se desintegren y generen contaminación en el ambiente de trabajo. Estos pueden causar enfermedades temporales o permanentes a los empleados. Por esta razón, la chatarra electrónica debe ser retirada en el menor tiempo posible para reutilizarla, si es posible, reciclarla o desecharla permanentemente, de acuerdo con lineamientos adecuados de descarte. Ante ello, surge la siguiente pregunta ¿Cuál será el mejor sistema a proponer para la gestión de residuos sólidos electrónicos en la Universidad de San Carlos, Campus Central?

La propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos se apoya en las siguientes preguntas auxiliares:

- Pregunta Auxiliar No.1. ¿Cuántas libras de chatarra electrónica se descartan cada año y si es reutilizable o reciclable?
- Pregunta Auxiliar No.2 ¿Cuál es el mejor sistema de gestión de residuos sólidos electrónicos para la Universidad de San Carlos?
- Pregunta Auxiliar No.3 ¿Qué consecuencias positivas tendrá la implementación del sistema de gestión de residuos electrónicos?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se realizará bajo la línea de investigación de Gestión Ambiental, ya que involucra aspectos, como el manejo de desechos e impacto ambiental de los mismos, lo cual beneficiará directamente a la población universitaria en general: empleados y estudiantes.

Es necesaria la asignación de fondos para la actualización tecnológica, en este caso equipo de cómputo, en el que se pueden incluir computadoras de escritorio, computadoras portátiles, impresoras, *scanner*, *mouse*, teclados, proyectores, baterías y otros equipos relacionados en funcionalidad. Estos equipos tienen una vida útil limitada, por lo que se les descarta o desecha continuamente, para dar paso a la compra de equipo nuevo y actualizado. El equipo antiguo es desechado, en ocasiones, por medio de empresas encargadas del manejo de desecho electrónico, en otros casos, es almacenado en bodegas, lo cual es una falencia en los procesos de baja de equipo de cómputo.

El presente proyecto de investigación pretende darle solución al manejo de desechos electrónicos en la Universidad de San Carlos. Esto beneficiara directamente a los empleados de la institución e indirectamente a la población estudiantil al disminuir la cantidad de chatarra electrónica en los ambientes de trabajo y estudio.



## **4. ALCANCES**

El estudio pretende satisfacer las necesidades de implementar un proceso rápido y eficiente en el manejo de desechos electrónicos. Se realizará cuantificación de la chatarra electrónica, clasificación según el tipo de desecho, propuesta de alternativas de gestión de desechos electrónicos.

Con la implementación del manejo de desechos electrónicos, se colaborará al desarrollo nacional en la investigación de desechos electrónicos y su manejo, principalmente, porque es un tema ambiental que ha cobrado relevancia en la actualidad y debido a que los efectos nocivos al medio ambiente no han sido estudiados a fondo. Está es una importante oportunidad de avanzar en la materia. El estudio se centrará en la propuesta de alternativas viables de gestión ambiental en el manejo de desechos electrónicos, la clasificación de los desechos, de acuerdo con su composición (plásticos y metálicos), propuesta de implementación de Reducción, Reutilización y Revalorización de dispositivos y componentes. El estudio se limitará a proponer medidas de disposición final de los desechos electrónicos sin intervenir en las medidas administrativas y de descarte de los desechos electrónicos de la institución.



## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Aspectos Conceptuales**

A continuación, se presentan conceptos con sus definiciones. Los siguientes conceptos apoyan directamente la investigación. Al mismo tiempo, ayudan a comprender el significado de medio ambiente, basura, tipos de desechos, manejo, desechos electrónicos y otros aspectos relacionados con el tema de investigación.

### **5.2. Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE)**

“Los AEE son todos los aparatos que necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos para funcionar adecuadamente y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua.” (Bermeo, 2010)

### **5.3. Basura electrónica**

“El término basura electrónica se refiere a los restos obsoletos de computadoras, teléfonos móviles, impresoras, cartuchos de tinta, pantallas, televisores, máquinas de fax y otros aparatos electrónicos. Esta basura es tóxica, contiene químicos persistentes y metales pesados. Debido al uso de esos tóxicos, los productos no pueden ser debidamente reciclados o desechados de manera segura. La cantidad de productos electrónicos desechados alrededor del mundo se ha disparado durante los años recientes: cada año se generan entre

20 y 50 millones de toneladas de residuos de este tipo alrededor del mundo. Más del 5 por ciento de toda la basura sólida municipal en el mundo es electrónica, lo que equivale a casi la misma cantidad de basura que se genera por plásticos utilizados en el embalaje, aunque mucho más peligrosa.” (Arbelaez, 2011)

#### **5.4. Materiales Tóxicos de los residuos electrónicos**

“Los residuos electrónicos contienen materiales tóxicos tales como plomo, cadmio, óxido de plomo, bifenilos policlorados (PCB), cloruro de polivinilo (PVC) y retardantes de flama polibromados, como parte de sus componentes y accesorios. Plomo y cadmio en las tarjetas de circuitos, óxido de plomo y cadmio en los monitores de tubos de rayos catódicos (CRT); mercurio en los interruptores y el monitor de pantalla plana; cadmio en las baterías de la computadora; bifenilos policlorados (PCB) en transformadores y capacitores más antiguos; y retardantes de flama poli bromeados en las carcasas de los equipos y en las tarjetas de circuitos impresos. (Espinoza, Villar, Postigo , & Villaverde, 2008)”

#### **5.5. Contaminación química**

“No es frecuente la contaminación química directa por contacto o manipulación sin embargo sí que es más frecuente cuando se trabaja con residuos tóxicos y peligrosos. El problema aparece cuando se depositan conjuntamente los residuos urbanos y los tóxicos y peligrosos, es decir que no se ha realizado una separación previa, por lo que la probabilidad de contaminación química por manipulación o contacto aumenta” (Mendoza, 2007)

“Los residuos sólidos contienen aproximadamente un 45% de materia orgánica en estado de putrefacción y descomposición debida a la acción de

artrópodos, bacterias y hongos y causando los malos olores típicos de la basura. Esta descomposición provoca una disociación de las macromoléculas orgánicas a formas más sencillas que, o tienen estado líquido o pueden ser fácilmente arrastradas por el agua, formando lixiviados y diversos compuestos de nitrógeno y fósforo procedentes de la mineralización de esta materia orgánica. Cuando estos líquidos llegan al suelo o a una masa de agua originan contaminación que afecta a la flora y a la fauna presentes en el agua.” (Mendoza, 2007)

“Además de los compuestos orgánicos, se encuentran también diversos metales tóxicos liberados de algunos dispositivos como acumuladores de energía como el Fe, Cd, Pb, Cu, Zn, Ag, Mn, Hg, Cr, etc. Que pueden acumularse sobre los suelos al ser poco móviles y poder retenerse por fenómenos de intercambio iónico, o bien pueden llegar a masas acuosas superficiales y subterráneas. Estos elementos pueden alcanzar la cadena trófica y afectar a todos sus eslabones ya que se comportan como oligonutrientes y, si se ingieren en grandes cantidades, son altamente tóxicos, por lo que pueden afectar a la vida animal y vegetal. La materia reductora presente en los residuos incrementa la solubilidad de los metales que se depositan en el suelo y los hace ser más asimilables por las plantas. En este estado alcanzan más rápidamente las aguas subterráneas.” (Mendoza, 2007)

## **5.6. Contaminación atmosférica**

“En los vertederos incontrolados, se originan a veces incendios espontáneos ya sea por la presencia de materia combustible, o por explosiones debidas al metano producido en la fermentación anaerobia. La incineración de los residuos genera diferentes contaminantes tóxicos; tales como partículas sólidas, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COV (CFC, PCBs, etc.) y contaminantes muy tóxicos; como metales pesados (Pb y Cd), gases clorados y fluorados (dioxinas y furanos). Entre

ellos los más nocivos y conocidos son las dioxinas y los furanos provocadas por las incineraciones a baja temperatura ( $T < 800$  °C) que pueden ocasionar malformaciones fetales, cáncer e inmunodeficiencia. Si la incineración se realiza a la temperatura adecuada, las emisiones a la atmosfera estarán formadas por CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y vapor de agua, cuyas nocividades son nulas o infinitamente menores” (Mendoza, 2007)

### **5.7. Recolección de residuos electrónicos**

“En los vertederos incontrolados, se originan a veces incendios espontáneos ya sea por la presencia de materia combustible, o por explosiones debidas al metano producido en la fermentación anaerobia. La incineración de los residuos genera diferentes contaminantes tóxicos; tales como partículas sólidas, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, COV (CFC, PCBs, etc.) y contaminantes muy tóxicos; como metales pesados (Pb y Cd), gases clorados y fluorados (dioxinas y furanos). Entre ellos los más nocivos y conocidos son las dioxinas y los furanos provocadas por las incineraciones a baja temperatura ( $T < 800$  °C) que pueden ocasionar malformaciones fetales, cáncer e inmunodeficiencia. Si la incineración se realiza a la temperatura adecuada, las emisiones a la atmosfera estarán formadas por CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y vapor de agua, cuyas nocividades son nulas o infinitamente menores” (Mendoza, 2007)

### **5.8. La recolección selectiva**

“La separación de materiales como papel, cartón, vidrio, plástico, metal materia putrescible, etc. En el punto de generación es una de las formas más eficaces de recuperación para su posterior valorización mediante reciclado, reutilización o cualquier otro proceso, por lo tanto, el principal objetivo de la recogida selectiva es separar la mayor cantidad de materiales con el mayor grado

de calidad posible. Para ello es imprescindible contar dentro del sistema de gestión con un modelo adecuado de recogida selectiva en origen.” (Mendoza, 2007)

## **5.9. Gestión de residuos electrónicos**

### **5.9.1. Las 3R**

“El principio de las 3R’sigla de Reducir, Reutilizar y Reciclar es un enfoque que hace referencia a gestionar los desechos de forma sustentable desde su origen hasta la disposición final, reutilizar para alargar la vida útil de los productos o para reciclar para que nuevamente ingresen a una cadena de producción. (Bermeo, 2010)”

### **5.9.2. Reducir**

“Reducir se refiere a tratar en lo posible disminuir el volumen y nocividad de desechos o residuos desde la fuente donde se originan o se generan. (Bermeo, 2010)”

### **5.9.3. Reutilizar**

“El reuso de un equipo eléctrico se refiere a cualquier utilización del aparato o sus partes que tienen la misma función para que el aparato fue diseñado. Reutilizar significa usar un aparato más de una vez, o por más de un usuario después de otro.” (Bermeo, 2010)

#### **5.9.4. Reciclar**

“Por reciclado se entiende al proceso de recuperación de materiales que provienen en este caso de los desechos o residuos electrónicos como plástico, vidrio, metales ferrosos y no ferrosos con el fin de reutilizarlos nuevamente como materia prima en la fabricación de nuevos equipos o en la industria que lo requiera.” (Bermeo, 2010)

##### **5.9.4.1. Reciclaje mecánico /físico**

“Un paso previo en el caso de reciclado mecánico de Residuos Electrónicos es el desensamblado manual en el que se separa o extrae materiales peligrosos como: vidrio con plomo, vidrio con bario, cañón de electrones con bario, polvo fosforescente, condensadores que contengan bifenilos o trifenilos policlorados (PCB o PCT), pilas y acumuladores y tarjetas de circuitos impresos con soldaduras de plomo.” (Bermeo, 2010)

##### **5.9.4.2. Desmontaje**

“Desmontaje se refiere a clasificar cada uno de sus componentes por separado. El desmontaje es el esquema de extracción o remoción de un componente o una pieza o un conjunto de piezas de un equipo (desmontaje parcial) o la separación de todas las piezas (desmontaje completo) con un propósito determinado (reutilizarlos o reciclarlos). El desmontaje provee de materiales puros a diferencia de nuevos materiales que requieren manufactura.” (Bermeo, 2010)

### **5.9.4.3. Trituración**

“La trituración permite la reducción de tamaño del residuo mediante la aplicación de diversos tipos de fuerzas. Para lo cual se adapta diversas configuraciones dependiendo del residuo como por ejemplo trituradoras de rodillos, molinos de cuchillas y molinos de martillo, como resultado de este proceso mecánico se obtiene fragmentos de materiales diversos que posteriormente son separados. (Bermeo, 2010)”

### **5.9.4.4. Separación**

Luego de la reducción de tamaño, el siguiente paso es la separación. Los métodos de separación son:

- Separadores electrostáticos de corona: “La separación es una tecnología que posibilita la separación de materiales que no puede lograrse utilizando clasificación manual u otros métodos automáticos. Los materiales que componen las mezclas pueden ser separados de forma automática mediante separadores electrostáticos de corona si los diferentes materiales poseen una conductividad eléctrica distinta. El campo de aplicación preferente de estos separadores es la separación de materiales metálicos de los no metálicos presentes en mezclas que pueden generarse en el proceso de reciclado de residuos electrónicos.” (Bermeo, 2010)
- Sistemas de Cribado: “Se aplican a la separación de una mezcla de materiales en dos o más fracciones con diferentes tamaños de partícula por medio de una superficie tamiz que actúa como medidor múltiple de aceptación y rechazo.” (Bermeo, 2010)

- Separadores de corriente de Foucault: “El Separador de Corriente Eddy es capaz de separar metales de chatarra, y eliminar partículas metálicas y contaminantes del vidrio y otras sustancias. Los Separadores de Corriente Eddy ofrecen un método efectivo de costo de recuperación hasta de un 95% de material valioso de la basura y desechos, al clasificar metales preciosos para su proceso más adelante.” (Bermeo, 2010)
- Separadores por densidad o flotación: “Son normalmente utilizados para separar los materiales metálicos de los no metálicos debido a su diferencia de densidad, utilizando para ello un flujo de agua.” (Bermeo, 2010)

#### **5.9.5. Refinado**

“Con la refinación térmica y química se recupera metales preciosos como el oro, la plata o metales no ferrosos contenidos en las tarjetas de circuito impreso y en otros componentes eléctricos, a través de procesos térmicos o químicos. La refinación de metales preciosos es la separación de estos de los metales nobles. Pueden entrar en este proceso: catalizadores usados, componentes electrónicos, minerales o aleaciones metálicas. La refinación es un proceso muy costoso y complejo. Con el fin de aislar los metales preciosos, se utilizan como procesos la pirolisis, la hidrólisis o una combinación de ambas. En la pirolisis, los metales nobles son separados de los otros materiales no nobles, a través de la fundición o la oxidación. En el hidrolisis, los metales nobles son disueltos en agua regia (compuesto de ácido clorhídrico y ácido nítrico) o mediante una solución de ácido clorhídrico y gas cloro. Posteriormente, ciertos metales pueden ser precipitados o reducidos directamente en relación con una sal o un gas orgánico. Después pasar por las etapas de limpieza o recristalización. El metal precioso se separa de la sal por calcinación. Los metales nobles primero son hidrolizados y posteriormente son pirolizados.” (Bermeo, 2010)

“Las refinadoras o plantas de fundiciones especializadas recuperan recursos no renovables de residuos provenientes de diversas fuentes. En la refinación de metales se tratan tarjetas de circuitos impresos, circuitos integrados, memorias, chip-set, conectores, contactos y en general piezas que contienen un alto grado de cobre, estaño, níquel, oro, plata, platino, germanio, paladio, etc. En la refinación de plástico (polímeros) se trata carcasas de plástico (plástico ABS) de ordenador, monitor, impresoras que entran inicialmente a un proceso de trituración.” (Bermeo, 2010)

## **5.9.6. Tratamiento y disposición final**

### **5.9.6.1. Estabilización**

“Es el proceso por el cual se agregan aditivos para reducir la naturaleza peligros de un desecho, por ejemplo, ácidos o bases presentes en rezagos electrónicos o cristales líquidos de LCD para minimizar la velocidad de migración de un contaminante en el ambiente o para reducir su nivel de toxicidad.” (Bermeo, 2010)

### **5.9.6.2. Inertización**

“Tratamiento de los residuos para transformarlos en sustancias químicas inertes, esto es sustancias estables que tienden a no sufrir alteraciones por procesos físico-químicos o biológicos, por lo que pueden almacenarse en vertederos.” (Bermeo, 2010)

### **5.9.6.3. Relleno de seguridad o landfill**

“Es una instalación para la disposición final de residuos especiales en un lugar de almacenamiento permanente. Usualmente, son construidos en celdas en las cuales existen barreras de separación entre ellas, construidas con suelos locales debidamente acondicionados a fin de evitar escapes de residuos. La preocupación primaria de toda operación con un landfill es evitar la contaminación del agua subterránea, su diseño se basa en evitar o disminuir la generación de lixiviados.” (Bermeo, 2010)

## 6. PROPUESTA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

### 1. MARCO TEÓRICO

- 1.1 Aspectos Conceptuales
- 1.2 Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)
- 1.3 Basura Electrónica
- 1.4 Materiales Tóxicos de los Residuos Electrónicos
- 1.5 Contaminación química
- 1.6 Contaminación atmosférica
- 1.7 Recolección de residuos electrónicos
- 1.8 La Recolección Selectiva
- 1.9 Gestión de Residuos Electrónicos
  - 1.9.1 Las 3R
  - 1.9.2 Reducir
  - 1.9.3 Reutilizar
  - 1.9.4 Reciclar
    - 1.9.4.1 Reciclaje mecánico/físico
      - 1.9.4.1.1 Desmontaje
      - 1.9.4.1.2 Trituración

- 1.9.4.1.3 Separación
  - A) Separadores electrostáticos de corona
  - B) Sistemas de Cribado
  - C) Separadores de corriente de Foucault
  - D) Separadores por densidad o flotación
- 1.9.4.2 Refinado
- 1.9.5 Tratamiento y disposición final
  - 1.9.5.1 Estabilización
  - 1.9.5.2 Inertización
  - 1.9.5.3 Relleno de Seguridad o landfill
- 2. RECOLECCIÓN DE DATOS
  - 2.1 Investigación Metodológica
  - 2.2 Visita de campo a áreas de interés
    - 2.2.1 Toma de fotografías
    - 2.2.2 Clasificación de información obtenida
    - 2.2.3 Tablas y gráficos representativos
  - 2.3 Clasificación y caracterización
  - 2.4 Diseño de propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos
- 3 RESULTADOS
  - 3.1 Clasificación y descripción de cada una de las partes de los distintos equipos incluidos en la clasificación de desechos electrónicos
  - 3.2 Determinación de la cantidad de los desechos tóxicos y no tóxicos de los desechos electrónicos
  - 3.3 Determinación del valor de recuperación de los desechos tóxicos y no tóxicos de los desechos electrónicos
  - 3.4 Propuesta de gestión de los residuos sólidos electrónicos de la Universidad de San Carlos campus central

## 4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ANEXOS



## **7. METODOLOGÍA**

El estudio se clasifica como cuantitativo descriptivo, porque se realizará un conteo clasificado el cuál debe proponer la clasificación de acuerdo con los componentes plásticos y metálicos incluidos en los equipos. El estudio se dividirá en las siguientes fases:

### **7.1. Fase 1: Investigación documental**

Se realizará la investigación detallada de documentos relacionados directa o indirectamente con el tema que fundamente teóricamente el estudio y que contenga alternativas a la gestión de residuos sólidos electrónicos, entiéndase libros, tesis, manuales, propuestas ambientales, etc.

### **7.2. Fase 2: Visita de campo a las áreas de almacenamiento de desechos electrónicos**

Se coordinarán visitas a las diversas oficinas encargadas de la adquisición, instalación y almacenaje de equipos dañados o en desuso. Se realizará registro fotográfico de los equipos para archivar su estado y ubicación para evitar que afecten la salud de los empleados y al medio ambiente.

### **7.3. Fase 3: Cuantificación total de desechos electrónicos**

Se realizará la cuantificación total del número de desechos electrónicos. El conteo será general ya que no se clasificará el número de piezas metálicas y plásticas constituyentes de cada equipo. Por medio del registro fotográfico se

apoyará la cuantificación total de desechos electrónicos por área y por medio de tablas de registro y gráficos que se presentan a continuación:

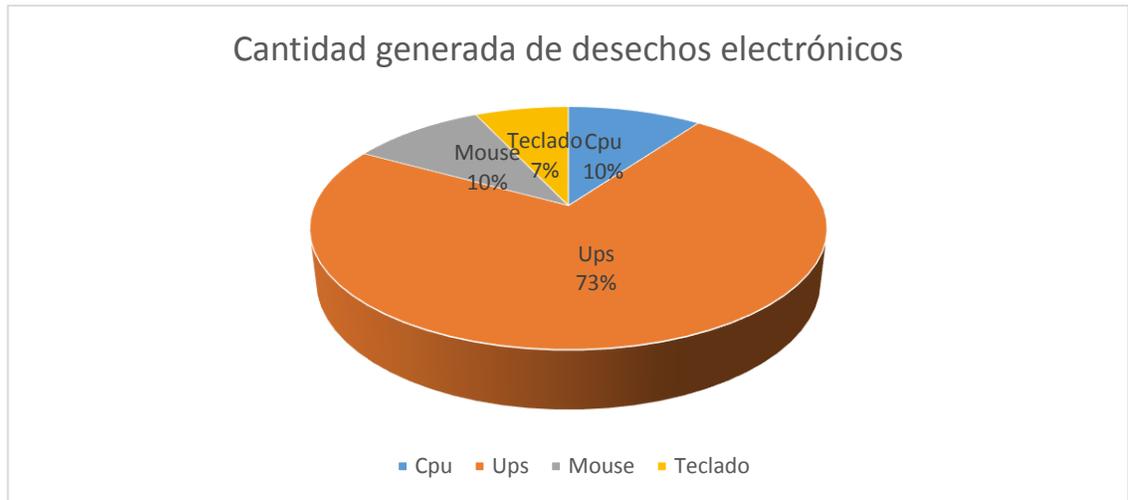
- Área: se refiere al área física o dependencia a la que pertenecen los equipos electrónicos cuantificados.
- Tipo de equipo: se refiere a su clasificación y ordenamiento de acuerdo con su tamaño y utilidad, se denominarán de acuerdo con el nombre de equipo electrónico: cpu, monitor, teclado, ups, etc.
- Número de equipos: es la cantidad de equipos electrónicos identificados de acuerdo con la clasificación por tipo de equipo, la cantidad se cuantificará por unidad de equipo.
- Estado: se refiere a la funcionalidad del equipo electrónico de acuerdo con los criterios de tipo de equipo y número de equipos. Se clasificarán como obsoletos en el caso de que ya no sean funcionales para el área donde se encuentran y dañado en el caso que se encuentren golpeados, *hardware* dañado, piezas faltantes, etc.

Tabla I. **Conteo desechos electrónicos por área**

Área	Tipo de equipo	No. de equipos	Estado

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. **Ejemplo de cantidad generada de desechos electrónicos**



Fuente: elaboración propia.

#### 7.4. Fase 4: Clasificación y caracterización

La fase de clasificación y caracterización se realizará durante el mes siguiente de la fase 2. El registro se realizará de acuerdo con la clasificación del residuo, cantidad, peso y área generadora. Esta fase incluirá la caracterización total de las piezas de acuerdo con su composición (plásticas o metálicas), la fase se verá apoyada con la realización de formatos de registro y gráficas similares a las siguientes:

- Área: se refiere al área física o dependencia a la que pertenecen los equipos electrónicos cuantificados.
- Tipo de equipo: el tipo de equipo se refiere a su clasificación y ordenamiento de acuerdo con su tamaño y utilidad. Se denominarán de acuerdo con el nombre de equipo electrónico: Cpu, monitor, teclado, Ups, etc.

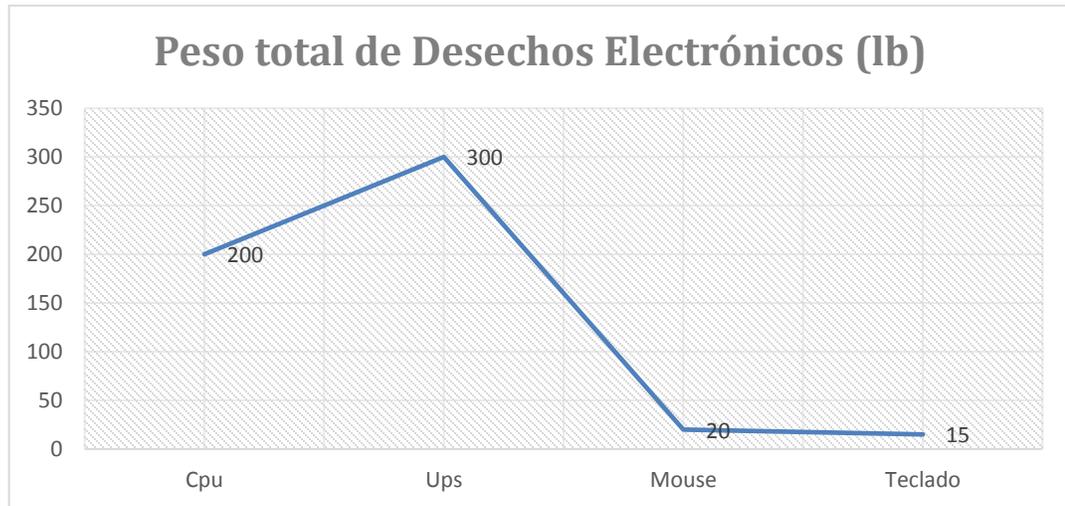
- Número de equipos: es la cantidad de equipos electrónicos identificados de acuerdo a la clasificación por tipo de equipo, la cantidad se cuantificará por unidad de equipo.
- Estado: se refiere a la funcionalidad del equipo electrónico de acuerdo con los criterios de tipo de equipo y número de equipos. Se clasificarán como obsoletos en el caso de que ya no sean funcionales para el área donde se encuentran y dañado en el caso que se encuentren golpeados, hardware dañado, piezas faltantes, etc.
- Peso de piezas plásticas: los equipos electrónicos contienen entre sus componentes piezas plásticas. Estas pueden ser recicladas para la fabricación de nuevos equipos, su peso se medirá en libras.
- Peso de piezas metálicas: los equipos electrónicos cuentan con diversos materiales metálicos, la mayoría pueden ser reciclados para la fabricación de nuevos equipos electrónicos. Sin embargo, metales como el cadmio, plomo y mercurio, que son muy tóxicos, deben ser manejados de manera especial. Las piezas metálicas se medirán en libras.
- Peso total: se refiere a la sumatoria en libras del peso de las piezas plásticas y piezas metálicas.

Tabla II. **Caracterización de desechos electrónicos**

Área	Tipo de equipo	No. de equipos	Estado	Peso de piezas plásticas (lb)	Peso de piezas metálicas (lb)	Peso total (lb)

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Ejemplo de peso total de desechos electrónicos**



Fuente: elaboración propia.

### 7.5. Fase 5: Diagnóstico

Se evaluará el proceso generación de desechos electrónicos de cada dependencia/área, a partir de la recolección de aparatos en malas condiciones y, finalmente, la etapa de descarte o proceso de baja de bienes de inventariables.

### 7.6. Fase 6: Propuesta de gestión de residuos sólidos electrónicos

La propuesta se fundamentará en el procedimiento de baja de bienes de inventario de la Universidad de San Carlos debido a su vigencia actual. La propuesta de gestión de desechos electrónicos se enfocará principalmente en la aplicación la 3r's: reducir, reutilizar y reciclar, la reducción de adquisición de equipos electrónicos tomando en cuenta las necesidades de cada área de trabajo, la reutilización de equipos electrónicos que debido a la actualización

tecnológica se vuelven obsoletos para un área, puedan ser trasladados inmediatamente a otras unidades o entidades educativas (escuelas públicas) que puedan utilizarlos. Finalmente, la disposición responsable de los equipos que se encuentren dañados o sean inservibles, evaluando el almacenamiento, rotulación de equipos dañados y escogiendo empresas que cuenten con programas posconsumo de manejo de desechos electrónicos, que garanticen idoneidad en la gestión final de los residuos electrónicos. La fase se guiará de acuerdo con las siguientes variables:

- Reducir: se buscará proponer la reducción de la adquisición de equipos electrónicos, dado que algunos equipos aún son funcionales en el momento en el que se les da de baja. Además, se beneficiará a las áreas o dependencias al evitar que incurran en gastos innecesarios.
- Reutilizar: se buscará proponer la reutilización de los equipos electrónicos que aún sean funcionales, ya sea donándolos internamente, como el caso de las facultades o incluso a instituciones educativas, como escuelas siempre que esto sea posible.
- Reciclaje: se buscará proponer un reciclaje interno o separación de residuos sólidos electrónicos por medio de la utilización de contenedores destinados únicamente a estos desechos.

## 8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Tomando como base las variables planteadas para el tema de investigación y por tratarse de un estudio cuantitativo descriptivo, se utilizarán técnicas de estadística descriptiva para analizar: el número de equipos recolectados, peso de piezas plásticas, peso de piezas metálicas y peso total de ambas, a continuación, se describen las medidas de tendencia central que serán utilizadas:

- Media aritmética para datos no agrupados

Ecuación No. 1

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i * X_i}{n}$$

- Mediana para datos no agrupados: corresponde al dato que se encuentra en la posición central.
- Moda: la moda será el dato o datos que repitan con mayor frecuencia.
- Desviación media datos no agrupados

Ecuación No. 2

$$D\bar{x} = \frac{\sum |X_i - \bar{x}|}{n}$$

- Varianza de datos no agrupados

Ecuación No. 3

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n}$$

- Desviación Típica datos no agrupados

Ecuación No. 4

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

$f_i$  = Frecuencia simple

$X_i$  = Variable

$n$  = Número de datos

$D\bar{x}$  = Desviación media

$\sigma$  = Desviación típica

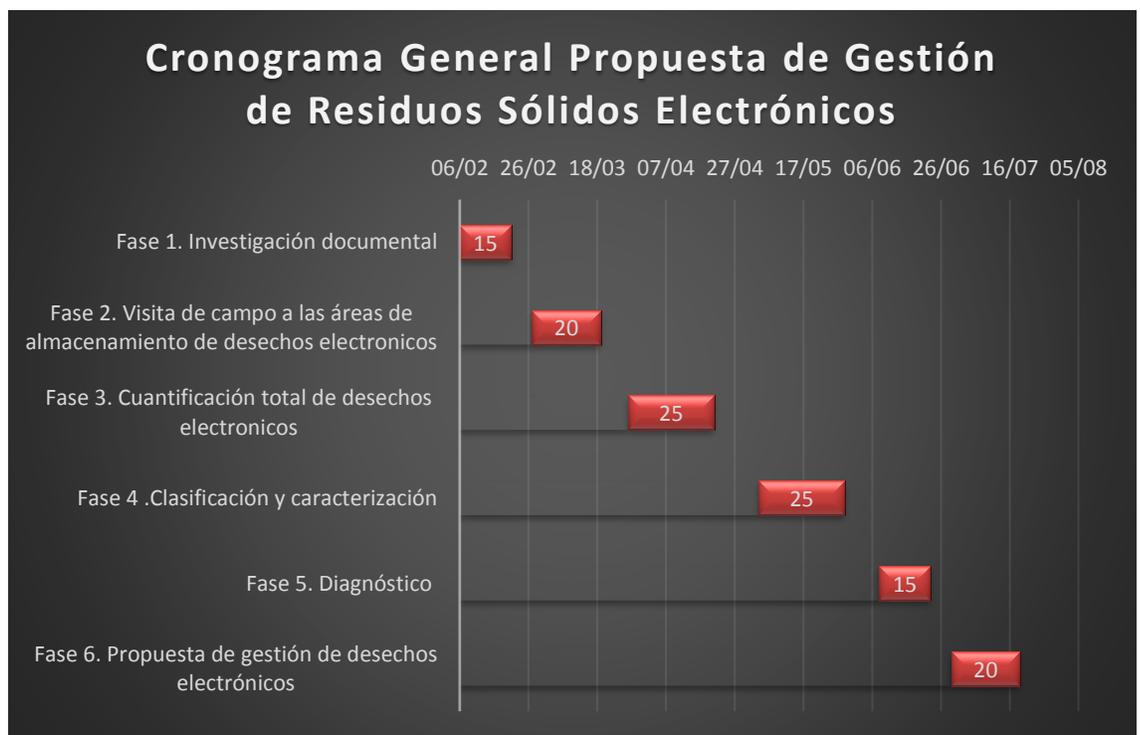
$\sigma^2$  = Varianza

$\Sigma$  = Sumatoria de datos

## 9. CRONOGRAMA

Como norma general se ha realizado una estimación de duración del proyecto de no menos de seis meses, desde el mes de febrero hasta julio de 2017.

Figura 3. Cronograma propuesto



Fuente: elaboración propia.



## 10. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Debido a que el campus central de la Universidad de San Carlos se encuentra dividido por áreas y dependencias, el estudio se segmentará comenzando con la División General de Administración (DIGA) porque agrupa la mayor cantidad de dependencias del área administrativa. El permiso será proporcionado por la DIGA cuando se inicie el estudio. El estudio es factible debido a que no se cuenta con un plan de gestión ambiental en el manejo de desechos electrónicos y su propuesta resulta económica ya que no representa una gran inversión monetaria. A continuación, se presentan los recursos estimados del proyecto:

Tabla III. Recursos necesarios

Rubro	Costo por unidad	Total
<b>Servicios personales</b>		
Pago al asesor	Q 2,500.00	Q2,500.00
<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q.2,500.00</b>
<b>Servicios no personales</b>		
Impresiones, encuadernación y reproducción	Q.1,000.00	Q.1,000.00
Transporte	Q.2,000.00	Q.2,000.00
<b>Subtotal</b>		<b>Q.3,000.00</b>
<b>Materiales, equipo y suministros</b>		
Útiles de oficina (papel, tinta, lapiceros)	Q.800.00	Q.800.00
Computadora portátil	Q.2,000.00	Q.2,000.00
Impresora	Q.500.00	Q.500.00
<b>Subtotal</b>		<b>Q.3,300.00</b>
<b>Total</b>		<b>Q.8,800.00</b>

Fuente: elaboración propia



## BIBLIOGRAFÍA

- Arbelaéz, J. C. (2011). *Desarrollo y aplicación de un modelo de simulación de un sistema de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos asociados a las TIC en Colombia para analizar su viabilidad tecnológica y financiera*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Báez, C. U. (2011). *Los Desechos Electrónicos la Basura del Siglo XXI, Una realidad Ambiental en Mérida*. Mérida: Universidad de Los Andes.
- Bermeo, D. L. (2010). *Gestión de Desechos Electrónicos de Mayor Generación en la Ciudad de Loja*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- CONSEJO DE LA UNION EUROPEA. (2008). *Propuesta de Directiva del Parlamento Europea y del Consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bruselas.
- Cruz, M. M. (2012). *El Ciclo de Vida como Herramienta para Calcular los Impactos Medioambientales del Teléfono Móvil*. Veracruz : Universidad Veracruzana.
- Española, R. A. (2015). *Real Academia Española*. Recuperado el 31 de Julio de 2015, de <http://lema.rae.es/drae/?val=manejo>
- Espinoza, O., Villar, L., Postigo , T., & Villaverde, H. (2008). *Diagnóstico del Manejo de los Residuos Electrónicos en el Perú*. Perú.

Fragoso, B. A. (2007). *Estudio Preliminar Sobre las Alternativas de Aprovechamiento de Desechos de Aparatos Electronicos*. Ciudad de México: Instituto Politecnico Nacional.

Herrera, C. T. (2013). *Elaboración de un Procedimiento Técnico para el Manejo de los Desechos Sólidos de las Lámparas de Mercurio del Alumbrado Público*. Guatemala: Universidad de San Carlos.

Joven, J. A., & Tafur Viveros, N. (2013). *Selección de la Mejor Alternativa para la Gestión Postconsumo de Residuos de Computadores en Colegios y Jardines Privados de la Ciudad de Pereira*. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.

Krishna, A. (2009). *Integrated Solid Waste Management: Engineering principles and management issues*. Singapore: McGraw Hill.

Manzano, O. D. (2015). *Alternativa de Manejo Para la Gestión de los Residuos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) Generados por la Universidad Fransisco de Paula Santander, Alcaldía Municipal de Ocaña Asucap San Jorge y el Laboratorio Electra*. Ocaña: Universidad Fransisco De Paula Santander Ocaña.

Mendoza, F. J. (2007). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. D.F. México: Limusa.

Morales, W. V., & Gutiérrez Cortes, J. D. (2012). *Desarrollo de una propuesta de un plan de negocios en el aprovechamiento de desperdicios electrónicos de la ciudad de Pereira para el año 2012*. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.

Pérez, E. M. (2012). *Estudio de Factibilidad para el Manejo de Desechos Sólidos en la Cabecera Municipal de Ipala, Departamento de Chiquimula* . Guatemala: Universidad de San Carlos.

Protomastro, G. F. (2007). *Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Sudamérica*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

