

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**



**TESIS**

**SIMULACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE LOS  
RESIDUOS ELECTRÓNICOS DE LA LÍNEA GRIS EN LA  
CIUDAD DE TARAPOTO PARA PLANIFICAR ESCENARIOS  
FUTUROS EN EL PERIODO 2016 – 2050.**

**Para optar el Título de:  
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**Presentado por el Bachiller**

**AREVALO REYNA, Juan Carlos**

**Tarapoto – Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**SIMULACION DEL PROCESO DE GESTIÓN DE LOS  
RESIDUOS ELECTRÓNICOS DE LA LINEA GRIS EN LA  
CIUDAD DE TARAPOTO PARA PLANIFICAR ESCENARIOS  
FUTUROS EN EL PERIODO 2016 – 2050.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**Presentado por:**

**Bachiller : Juan Carlos Arévalo Reyna**

**Asesor : Ing. M. Sc. Juan Carlos García Castro**


  
.....  
Firma

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**Presidente : Ing. Alberto Alva Arévalo**

  
.....  
Firma

**Secretario : Ing. MBA. Miguel Ángel Valles Coral**

  
.....  
Firma

**Miembro : Ing. Humberto Valdera Rodríguez**

  
.....  
Firma



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Biblioteca Central y Unidad de Bibliotecas Especializadas

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el repositorio de tesis digital

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	ARÉVALO REYNA JUAN CARLOS	
Código de alumno :	057151	Teléfono: 947468131
Correo electrónico:	Carlitosavy@gmail.com	DNI: 44259009

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
Escuela Académico Profesional de:	INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE GESTION DE LOS RESIDUOS ELECTRONICOS DE LA LINEA GRIS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO PARA PLANIFICAR ESCENARIOS FUTUROS EN EL PERIODO 2016 - 2050"
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de finero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica



**Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto**  
**Biblioteca Central y Unidad de Bibliotecas Especializadas**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Firma del Autor

**8. Para ser llenado por la Biblioteca central o especializada**

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

09 / 02 / 2018



Firma de Biblioteca

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## DEDICATORIA

A Dios Padre Todo Poderoso y los dones y gracias necesarias que me dio para continuar en el camino sin desvanecerme en la culminación de esta tesis.

A mi bella Madre por el sacrificio brindado durante el proceso de mis estudios, y los consejos y el empuje de día a día para terminar este proyecto.

## AGRADECIMIENTO

A mi familia Arévalo Reyna; mi padre Roger, y mis hermanos Max y Abigael, por el apoyo que me brindaron durante todo el tiempo y los sacrificios que realizaron.

A mi segunda familia Romero Tapullima; Angie, Mirtha y Vanessa, por estar siempre ahí cuando los necesitaba aconsejándome cada día.

A mi asesor ING. Juan Carlos García Castro por su apoyo, supervisión y comentarios durante el desarrollo del trabajo.

Y a todos que de una y otra manera aportaron su granito de arena y que participaron en el proceso del desarrollo de esta Tesis muchísimas gracias que mi Dios los Bendiga siempre.

## RESUMEN

En la jurisdicción de la Provincia de San Martín y especialmente en el Distrito de Tarapoto, la eliminación de los residuos sólidos constituye desde hace mucho tiempo un gran problema para nuestra sociedad; en los residuos urbanos se ven incrementados por el creciente uso de las tecnologías de información en todos los aspectos del quehacer humano, esta clase de residuos son clasificados dentro de la línea gris.

La presente investigación se centra en los residuos electrónicos de la línea gris, los procesos de gestión de los residuos y el volumen que generan en un determinado tiempo. Se plantea en este trabajo el desarrollo un modelo dinámico, con el objetivo de disponer de una herramienta adaptada a la realidad de la ciudad de Tarapoto, con la cual simular y evaluar según escenarios (positivo, intermedio, negativo) el volumen de residuos producidos en la línea gris.

El modelo es centralmente determinístico. Posibilita la simulación de las fases de recolección, transporte y disposición final como procesos integrados dentro de un mismo sistema de gestión de residuos electrónicos de la línea gris. Se demostró que la hipótesis planteada en esta investigación de la simulación del modelo, con un horizonte temporal del 2016 – 2050, descritas en el capítulo III.

De los resultados obtenidos nos permite predecir los volúmenes de residuos electrónicos que se generaran al 2050, datos que servirán a la MPSM para planificar acciones para el cuidado del medio ambiente y de la salud del ser humano.

Los resultados de la aplicación del modelo ponen en evidencia la importancia de algunas variables clave, que actúan dinamizando el sistema, como el porcentaje de reciclaje y no reciclaje según tipo de residuo electrónico de la línea gris.

Como resultado de la simulación se obtuvieron de la proyección al año 2050 de los posibles volúmenes de residuos electrónicos que se producirían y que serían llevados a su disposición final “botadero municipal” de la provincia de San Martín.

Concluyendo que con el uso de los modelos se logró obtener datos proyectados que servirán para la planificación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de

la línea gris. El modelo posibilita la consideración simultánea de numerosas variables que inciden en los sistemas de producción de los residuos electrónicos de los cuatro tipos estudiados, pudiendo ser utilizado como apoyo a la investigación, así como para la evaluación de políticas para una mejor planificación en cuanto a la disposición final de los residuos.

**PALABRAS CLAVES:** Residuos electrónicos, línea gris, simulación, proceso de gestión, planificar escenarios.



## SUMMARY

At the Province of San Martín and especially in the District of Tarapoto jurisdiction, the avoid of solid waste has long been a major problem for our society; In urban waste are increased by the increasing use of information technologies in all aspects of human endeavor, this class of waste is classified within the gray line.

The following research focuses on gray line electronic waste, the waste management processes and the volume generated during a given time. In this paper, a dynamic model is developed with the objective of having a tool adapted to the reality of the city of Tarapoto, with which to simulate and evaluate, according to scenarios (positive, intermediate, negative), the volume of waste produced in the gray line.

The model is centrally deterministic. It enables the simulation of the phases of collection, transport and final disposal as integrated processes within the same gray line electronic waste management system. It was demonstrated that the hypothesis presented in this investigation of the simulation of the model, with a time horizon of 2016 - 2050, described in chapter III.

From the results obtained allows us to predict the volumes of electronic waste generated by 2050, data that will serve the MPSM to plan actions for the care of the environment and human health.

The results of the application of the model show the importance of some key variables, which act for system dynamiting, such as the percentage of recycling and not recycling according to the type of electronic waste of the gray line.

As a result of the simulation were obtained from the projection to the year 2050 of possible volumes of electronic waste that would be produced and that would be taken to its final disposal "municipal dump" of the province of San Martin.

Concluding that with the use of the models it was possible to obtain projected data that will serve to the planning of the process of management of the electronic waste of the gray line. The model allows the simultaneous consideration of many variables

that affect the production systems of the electronic waste of the four types studied, and can be used as support for research, as well as for the evaluation of policies for better planning in terms of Disposal of waste.

**KEYWORDS:** Electronic waste, gray line, simulation, management process, planning scenarios.

## INDICE

RESUMEN.....	6
SUMARY.....	8
NOMENCLATURAS .....	13
A) LISTA DE TABLAS.....	12
B) LISTA DE FIGURAS.....	14
C) LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	16
INTRODUCCION.....	17
CAPITULO I	
I. EL PROBLEMA.....	22
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	22
1.1.1. PLANO INTERNACIONAL .....	22
1.1.2. PLANO NACIONAL .....	22
1.1.3. PLANO LOCAL.....	25
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	27
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	28
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	28
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	29
1.5.1. ALCANCE .....	29
1.5.2. LIMITACIONES .....	29
II. MARCO TEÓRICO .....	30
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	37
2.2.1. RESIDUOS ELECTRÓNICOS .....	37
2.2.2. MEDIO AMBIENTE .....	37
2.2.3. DESTINO O DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS .....	38
2.2.4. RECICLAJE .....	38
2.2.5. CENTROS RECOLECTORES.....	38
2.3. BASES TEÓRICAS .....	39
2.3.1. TEORÍA DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS .....	39
2.3.2. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN URBANA .....	45

2.3.3.	MODELO DE SIMULACIÓN BASADO EN AGENTES .....	47
2.3.4.	DINÁMICA DE SISTEMAS .....	48
2.3.5.	RECICLAJE .....	53
2.3.6.	RESIDUOS ELECTRÓNICOS DE LA LÍNEA GRIS .....	54
2.3.7.	LEY DEL RECICLADOR .....	54
2.4.	HIPÓTESIS .....	56
2.4.1.	HIPÓTESIS ALTERNA .....	56
2.4.2.	HIPÓTESIS NULA.....	56
2.5.	SISTEMA DE VARIABLES .....	56
2.5.1.	VARIABLE A PREDECIR.....	56
2.5.2.	VARIABLE PREDICTIVA .....	56
2.6.	ESCALA DE MEDICIÓN .....	56
2.6.1.	VARIABLE A PREDECIR.....	56
2.6.2.	VARIABLE PREDICTIVA .....	56
2.7.	OBJETIVOS .....	57
2.7.1.	OBJETIVO GENERAL.....	57
2.7.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	57
<b>CAPITULO II</b>		
III.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>59</b>
3.1.	UNIVERSO Y MUESTRA .....	59
3.1.1.	UNIVERSO.....	59
3.1.2.	MUESTRA.....	59
3.2.	ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	61
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	61
3.4.	PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS .....	62
3.4.1.	PROCEDIMIENTOS .....	62
3.4.2.	TÉCNICAS .....	64
3.5.	INSTRUMENTOS.....	64
3.5.1.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	64
3.5.2.	INSTRUMENTOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	65
3.6.	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	66
<b>CAPITULO III</b>		
IV.	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>

4.1.	DISEÑO Y VALIDACIÓN DEL MODELO .....	70
4.1.1.	DIAGRAMAS CAUSALES DE VARIABLES INTERVINIENTES PARA EL MODELO A PROPONER.....	70
4.1.2.	DIAGRAMA DE FORRESTER DEL MODELO PROPUESTO .....	71
4.1.3.	FÓRMULAS MATEMÁTICAS DEL MODELO PROPUESTO.....	72
4.2.	SIMULACIÓN DEL PROCESO .....	81
4.2.1.	PROCESO DE RECOLECCIÓN.....	81
4.2.2.	PROCESO DE SELECCIÓN .....	89
4.2.3.	PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL .....	97
4.3.	ANÁLISIS DE ESCENARIOS.....	99
4.3.1.	ESCENARIO POSITIVO .....	99
4.3.2.	ESCENARIO INTERMEDIO .....	101
4.3.3.	ESCENARIO NEGATIVO.....	103
CAPITULO IV		
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	105
VI.	CONCLUSIONES.....	108
VII.	RECOMENDACIONES .....	110
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
IX.	ANEXOS .....	115

## NOMENCLATURAS

### A) LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Total de hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes, por variedad de artefactos y equipos que posee, según departamento, provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes.....	26
Tabla N° 2: Resumen de las características de los distintos tipos de modelos prospectivos de simulación urbana.....	46
Tabla N° 3: Cantidad de población.....	57
Tabla N° 4: Procesamiento de datos de antes y después de la simulación....	65
Tabla N° 5: Datos en volúmenes de disposición final, según escenario del 2016 – 2050; media aritmética y desviación estándar .....	67
Tabla N° 6: Peso de residuo de PCs durante el periodo 2016 - 2050.....	82
Tabla N° 7: Peso de residuo de laptop durante el periodo 2016 - 2050.....	83
Tabla N° 8: Peso de residuo de impresoras durante el periodo 2016 - 2050.....	85
Tabla N° 9: Peso de residuo de periféricos durante el periodo 2016 - 2050...	86
Tabla N° 10: Peso de residuo de celulares durante el periodo 2016 - 2050...	88
Tabla N° 11: Volumen no reciclado de PCs, periodo 2016 - 2050.....	90
Tabla N° 12: Volumen no reciclado de laptops, periodo 2016 - 2050.....	91
Tabla N° 13: Volumen no reciclado de impresoras, periodo 2016 - 2050..	93
Tabla N° 14: Volumen no reciclado de periféricos, periodo 2016 - 2050.....	94
Tabla N° 15: Volumen no reciclado de celulares, periodo 2016 - 2050.....	96
Tabla N° 16: Volumen de disposición final, periodo 2016 - 2050.....	97
Tabla N° 17: % de reciclaje y no reciclado para escenarios positivo utilizando según plataforma medioambiental recicla y modelo (ver anexo 07).....	99
Tabla N° 18: Existencias en disposición generados del volumen no reciclado de los tipos de residuos de la línea gris, periodo 2016 – 2050.....	100
Tabla N° 19: % de reciclaje y no reciclado para escenario Intermedio o condiciones normales (solo Plásticos, oro y cobre). .....	101
Tabla N° 20: Existencias en disposición generados del volumen no reciclado de los tipos de residuos de la línea gris, periodo 2016 - 2050..	102

Tabla N° 21: % de reciclaje y no reciclado para escenario Negativo según recicladores informales (solo Plástico).....	103
Tabla N° 22: Existencias en disposición generados del volumen no reciclado de los tipos de residuos de la línea gris, periodo 2016 - 2050.....	103

## B) LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01: Proyección al 2015 del ingreso anual de computadoras y la cantidad de residuos que se generan. ....	24
Figura N° 02: Proyección al 2015 del ingreso anual de teléfonos celulares y la cantidad de residuos que se generan .....	25
Figura N° 03: El proceso de modelización .....	40
Figura N° 04: Esquema del proceso experimental de la simulación.....	42
Figura N° 05: Etapas de un estudio de simulación .....	44
Figura N° 06: Diseño no experimental longitudinal .....	62
Figura N° 07: Diagrama causal del proceso de gestión de residuos sólidos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto.....	70
Figura N° 08. Modelo de forrester para la simulación de gestión de residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto.....	71
Figura N° 09: Comportamiento del peso de residuo PCs, periodo 2016 – 2050.....	82
Figura N° 10: Comportamiento del peso del residuo de laptop, periodo 2016 - 2050. ....	84
Figura N° 11: Comportamiento del peso de residuo de impresoras, periodo 2016 - 2050.....	85
Figura N° 12: Comportamiento del peso de residuos de los periféricos, periodo 2016 - 2050.....	87
Figura N° 13: Comportamiento del peso de residuo de los celulares, periodo 2016 - 2050.....	88
Figura N° 14: Comportamiento del volumen no reciclado de PCs, periodo 2016 - 2050.....	90
Figura N° 15: Comportamiento del volumen no reciclado de laptops, periodo 2016 - 2050.....	92
Figura N° 16: Comportamiento del volumen no reciclado de impresoras, periodo 2016 - 2050.....	93
Figura N° 17: Comportamiento del volumen no reciclado de periféricos, periodo 2016 - 2050.....	95



Figura N° 18: Comportamiento del volumen no reciclado de celulares, periodo 2016 - 2050.....	96
Figura N° 19: Comportamiento de la disposición final, periodo 2016 - 2050...	98
Figura N° 20: Comportamiento del volumen no reciclado de las Existencias en disposición, generados de los tipos de residuos electrónicos de la línea gris periodo 2016 – 2050 (escenario positivo).....	100
Figura N° 21: Comportamiento del volumen no reciclado de las Existencias en disposición, generados de los tipos de residuos electrónicos de la línea gris periodo 2016 – 2050 (escenario intermedio).....	102
Figura N° 22: Comportamiento del volumen no reciclado de las Existencias en disposición, generados de los tipos de residuos electrónicos de la línea gris periodo 2016 – 2050 (escenario negativo). ....	104

### C) LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

RAEE	: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
SUNAD	: Superintendencia nacional de aduanas.
PIGARS	: Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos.
INEI	: Instituto nacional de estadística e informática
ACV	: Análisis del ciclo de vida.
STEP	: Soluciones problemas de la e-basura de sus siglas en ingles.
PANUD	: Programa del medio ambiente de naciones unidas.
TIC	: Tecnología de la información y la comunicación.
ISDEFE	: Introducción a la Dinámica de Sistemas. España.
MBA	: Modelo basado en agentes.
GE	: Grupo experimental

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas a tomar en consideración es el acortamiento del periodo de vida de los dispositivos electrónicos, especialmente los relacionados con la línea gris como computadores (monitores y CPU), laptop, impresoras, periféricos (teclado, mouse y parlantes) y celulares, ha convertido al proceso de gestión de residuos electrónicos en un reto global para el mundo, pero con poca importancia en el país y más aún en nuestra ciudad de Tarapoto.

Todos los años se generan en el mundo unas 50.000.000 toneladas de Residuos Sólidos Informáticos. Esta es una cifra que brinda el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Para dar una idea de lo que significa esa cantidad, la organización Greenpeace sostiene que si se pusieran estos 50.000.000 de toneladas de basura tecnológica en un tren, los vagones darían la vuelta al mundo.

El avance tecnológico significa grandes mejoras de la calidad de vida de las poblaciones pero a su vez conlleva efectos que afectan el ambiente y requieren ser gestionados adecuadamente, como es el caso de los residuos electrónicos de la línea gris que son los más utilizados de hoy en día y pertenecientes a la RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), los cuales se acumulan año a año y requieren ser tratados adecuadamente.

¿Cuál es el problema?, el problema es que la industria genera muy rápidamente una cantidad asombrosa de aparatos electrónicos y los consumidores los desechan en forma aún más veloz. Algunos especialistas afirman que este es un problema de escala mundial, porque todavía no se encontró la manera de reutilizar toda esta basura tecnológica, o al menos, no se logró que produzca el menor daño posible ya que estos materiales que se desechan contienen metales pesados y también liberan sustancias químicas peligrosas, que generan un perjuicio importante al medio ambiente. Esta es la opinión de Nelson Sabogal, encargado de Asuntos Científicos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

Una nota de la revista National Geographic, disponible en su sitio web, se habla de lo que se está haciendo para resolver este problema en las distintas partes del mundo. Por ejemplo, en la Unión Europea hay una legislación que obliga a los fabricantes a hacerse responsables de la eliminación o al menos del reciclaje seguro

de estos componentes electrónicos. En Estados Unidos es el propio mercado el que tienen que auto regularse y lo único que hacen es poner un sello de aprobación a productos que ellos consideran “verdes”, que son más fáciles de procesar después de que se desechen.

No obstante, la cara menos amable del avance tecnológico se manifiesta en un crecimiento exponencial de los residuos electrónicos (computadoras, laptop, impresora, periféricos y celulares), problema que hoy deben enfrentar tanto los países desarrollados como las naciones en desarrollo.

El objetivo del estudio es simular según escenarios el volumen de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto en el periodo 2016 – 2050 lo cual permitirá a la municipalidad tomar decisiones según resultados en bien del desarrollo sostenible en el cuidado del medio ambiente y la salud de la población.

Para cumplir con el objetivo general se tendrá que desarrollar los objetivos específicos partiendo con el diseño y la validación del modelo del proceso de gestión de los residuos electrónicos para la respectiva simulación de la gestión en mención con la finalidad de dar a conocer resultados que muestren en volúmenes de toneladas la cantidad de residuos electrónicos de la línea gris (PCs, laptop, impresoras, periféricos y celulares), para su disposición final en el botadero municipal proyectados al 2050, y así tomar acciones anticipadas ya mencionadas en el párrafo anterior.

Se planteó la hipótesis siguiente, ¿la simulación para el proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris de la ciudad de Tarapoto permitirá predecir para planificar escenarios futuros en el periodo 2016 – 2050? Lo cual trajo como resultado del proceso investigativo que el volumen de la simulación en condiciones intermedio (actuales) de residuos que están en su disposición final “botadero municipal” asciende a 81,775.3 toneladas, quiere decir que bajo los parámetros actuales de % de no reciclaje descritas en la tabla N° 19 son: 80% de las PCs, 86% de las laptop, 60% de las impresoras, 20% de los periféricos y 38% de celulares; obtendremos un volumen de residuos electrónicos al 2050 en 714,399.00.

El resultado anteriormente mencionado es una cifra a tomar en consideración para un proyecto de un plan de gestión integral de estos residuos más aún que los

resultados obtenidos por el simulador de los acumulados de existencias de estos residuos electrónicos por escenario proyectados al 2050 son los siguientes:

- Escenario positivo : 799,511.00 mil toneladas.
- Escenario intermedio : 1.777,86 millón de toneladas.
- Escenario negativo : 2.335,36 millón de toneladas.

:

Concluyendo de esta manera que con el uso de esta herramienta es totalmente factible hacer el análisis y síntesis de un problema del mundo real como se propuso en la presente investigación lo cual hace totalmente factible que con los modelos se logra obtener datos proyectados que servirán para la planificación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris y así menguar el desperdicio contaminante que contienen estos aparatos o equipos electrónicos y hacer un consumo eficiente del mismo y evitar peores resultados.

A continuación la presente tesis se estructura de la manera siguiente:

El capítulo I, el problema y marco teórico, en donde se expone los antecedentes del problema, definición del problema, formulación del problema justificación e importancia, alcances, limitaciones, antecedentes de la investigación, definición de términos, bases teóricas, hipótesis, sistema de variables, escala de medición y los objetivos.

Capítulo II: Referido a los materiales y métodos, donde se expone la muestra con la que se va trabajar, el ámbito geográfico, diseño de la investigación, procedimientos y técnicas, instrumentos y la prueba de la hipótesis.

Capítulo III: Resultado y discusión de resultados, en donde se expone los resultados de los método los utilizados.

Capítulo IV: conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexo, donde se exponen los resultados que se obtuvo al realizar la presente tesis.

# **CAPITULO I**

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes del problema

#### 1.1.1. Plano internacional

Los residuos electrónicos son los desechos que más han aumentado en los últimos años; según datos de la agencia europea del medio ambiente, su volumen está aumentando tres veces más rápido que los residuos urbanos. La reducción de los costos de reemplazo de computadores, teléfonos móviles y otros aparatos electrónicos, y la velocidad con la cual la tecnología se vuelve obsoleta, implica que cada vez hay más desechos por eliminar.

Los residuos electrónicos son en gran parte chatarras metálicas mezcladas con otros materiales. Entre los metales se pueden encontrar significativas cantidades de hierro, aluminio, cobre y algunos metales preciosos. Asimismo, los plásticos y el vidrio aparecen también en cantidades apreciables. En líneas generales se estima que un 25% de los equipos fuera de uso sería recuperable (como partes y piezas), un 72% se podría reciclar y sólo un 3% correspondería a material peligroso que requiere una disposición especial. **(Gobierno de Chile Comana, 2005)**

#### 1.1.2. Plano nacional

Según los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) el manejo de los residuos electrónicos en el Perú, al no existir una industria de productos tecnológicos como computadoras, periféricos o celulares, es a los importadores mayoristas y a las empresas fabricantes con oficinas en el Perú que se les puede considerar en el nivel inicial de la cadena de valor.

Estas organizaciones cumplen con todos los requisitos y normativas que el Estado les solicita, pero en el tema de residuos electrónicos cada una tiene su propia perspectiva e implementa los programas de acuerdo a sus capacidades y criterios.

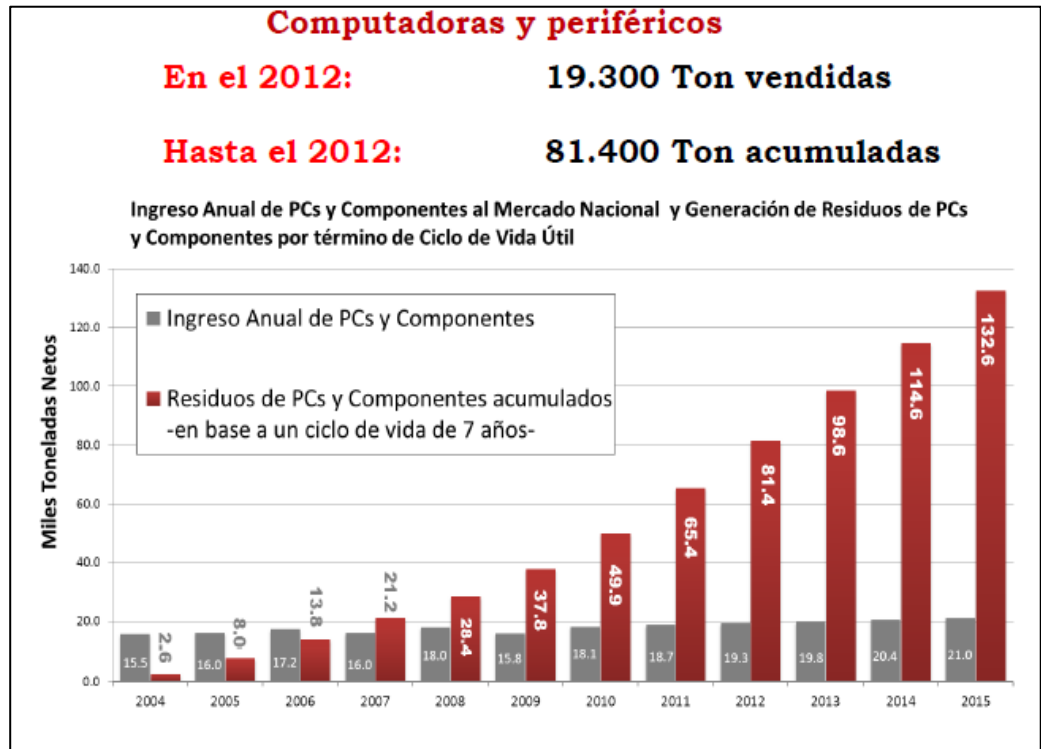
El mercado peruano de computadoras es abastecido principalmente por computadoras ensambladas localmente, (aproximadamente 75%), lo que se puede corroborar observando la distribución de los productos que más se importan: 80% son componentes, 13% impresoras, 4% computadoras de escritorio y 3% computadoras portátiles pertenecientes a línea Gris de los residuos electrónicos.

En el estudio “Diagnóstico del manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Arequipa” realizado el 2011 se pronosticó el crecimiento del mercado de productos electrónicos, “El crecimiento más de 26 veces en volumen desde 1995 al año 2010 (15 años). Considerando un periodo de vida útil de 7 años.

Se proyecta que para el año 2010; la cantidad de 12,044 Toneladas de residuos electrónicos estarán listas para su disposición y para el año 2011, ésta crecerá cerca de 29% (15,524 toneladas). En el siguiente gráfico se pueden apreciar los volúmenes proyectados y acumulados hasta el año 2015.

**(Promoción del Desarrollo Sostenible-IPES, 2011)**





**Figura 1: Proyección al 2015 del ingreso anual de computadoras y la cantidad de residuos que generarán.**

**Fuente: SUNAD, Mayo 2010**

Como afirma el Ing. **Martínez-Romero (2013)**, en su exposición III Simposio de residuos sólidos en el Perú menciona que; “En cuanto a teléfonos celulares en el Perú, a junio del 2010 se tienen 27’099,375 de líneas activas de telefonía móvil, cantidad que ha crecido 38% al año en promedio desde el año 2002, considerando que los equipos se cambian con una frecuencia promedio de 2 años y de acuerdo a las proyecciones realizadas, para el año 2010 se tendrán 2,900 Toneladas de celulares listas para su disposición final y para el año 2011 ésta cantidad se reducirá en un 30% (2023 toneladas) por aspectos de tecnología nueva, los nuevos equipos cada vez tienen un peso más ligero”, tal como se muestra en las siguiente figura:



**Figura 2: Proyección al 2015 del ingreso anual de teléfonos celulares y la cantidad de residuos que generarán.**

Fuente: SUNAD, Mayo 2011

### 1.1.3. Plano local

En el contexto de la ciudad de Tarapoto el acelerado crecimiento y desarrollo de la sociedad actual, así como la concienciación que progresivamente está creciendo, han derivado paralelamente en una mayor presión sobre el medio ambiente y una insensibilización que aumenta cada día hacia el entorno que nos rodea.

Existen alternativas aisladas de los gobiernos locales por el recojo de residuos sólidos pero no han tomado en cuenta los residuos electrónicos específicamente los de la línea gris.

En su plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS) de la Municipalidad Provincial de San Martín, no existe ningún capítulo dedicado al reciclaje de los residuos electrónicos de la línea gris.

Según información recabada del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del censo XI de población y VI de vivienda de la población económicamente activa nos muestra la cantidad de computadoras por viviendas en las áreas rural y urbana como se verifica en el tabla N° 1.

**Tabla N° 1. Total de hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes, por variedad de artefactos y equipos que posee, según departamento, provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes**

<b>Departamento y Provincia, área Urbana y Rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes</b>	<b>Total</b>	<b>Computadora</b>
<b>Distrito Tarapoto</b>		
Hogares (001)	<b>16950</b>	4073
Ocupantes presentes (002)	66382	17308
<b>Casa independiente x</b>		
Hogares (004)	14795	3760
Ocupantes presentes (005)	60123	16350
<b>Departamento en edificio</b>		
Hogares (007)	242	102
Ocupantes presentes (008)	715	343
<b>Vivienda en quinta</b>		
Hogares (010)	1406	174
Ocupantes presentes (011)	3940	507
<b>Vivienda en casa de vecindad</b>		
Hogares (013)	317	27
Ocupantes presentes (014)	984	82
<b>Vivienda improvisada</b>		
Hogares (019)	135	1
Ocupantes presentes (020)	499	3
<b>Local no dest.para hab. Humana</b>		
Hogares (022)	41	9
Ocupantes presentes (023)	100	23
<b>URBANA</b>		
Hogares (028)	<b>16824</b>	4072
Ocupantes presentes (029)	65918	17303
<b>Casa independiente</b>		
Hogares (031)	14672	3759
Ocupantes presentes (032)	59664	16345
<b>Departamento en edificio</b>		
Hogares (034)	242	102
Ocupantes presentes (035)	715	343

<b>Vivienda en quinta</b>		
Hogares (037)	1406	174
Ocupantes presentes (038)	3940	507
<b>Vivienda en casa de vecindad</b>		
Hogares (040)	317	27
Ocupantes presentes (041)	984	82
<b>Vivienda improvisada</b>		
Hogares (046)	135	1
Ocupantes presentes (047)	499	3
<b>Local no dest.para hab. Humana</b>		
Hogares (049)	41	9
Ocupantes presentes (050)	100	23
<b>RURAL</b>		
Hogares (055)	<b>126</b>	1
Ocupantes presentes (056)	464	5
<b>Casa independiente</b>		
Hogares (058)	123	1
Ocupantes presentes (059)	459	5

Fuente: INEI. (Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda de la población económicamente activa)

## 1.2. Definición del problema

La cantidad de equipos obsoletos de la línea gris que se acumulan en la ciudad de Tarapoto es preocupante causando en un futuro no muy lejano situaciones graves, dado que en la ciudad ni siquiera ha solucionado bien el problema de los residuos sólidos domiciliarios. En vez de rellenos sanitarios sigue habiendo vertederos y poco se recicla. A esto se suma que es uno de los distritos con mayor población de la región San Martín donde que se mueve la mayor comercialización de la región y destinado al crecimiento con la tecnología.

Como afirma **Parillo-Condori (2008)**, el grado de conocimiento relacionado al tema de desechos electrónicos es muy reducido, pues la mayoría los trata como desechos comunes.

La raíz del problema radica principalmente en los limitados procesos y del inadecuado uso que le damos a los residuos electrónicos por parte

de la población, entidades públicas y privadas, con lo cual la acumulación crece en espacios públicos causando incremento de puntos críticos y por ende la contaminación ambiental y deterioro de la calidad de vida de los pobladores de nuestra ciudad, ya que una sola pieza de estos elementos es muy alta la contaminación por las propiedades químicas que tiene y tanto la seguridad como la salud. **(Ver: Anexo – 1 y Anexo - 4)**

De allí que la solución integral del problema fue cubrir todos los frentes de la problemática, es decir; desde la generación, almacenamiento, recolección, transporte, procesamiento o reacondicionamiento y disposición final de los residuos electrónicos, para lo cual elaboramos una herramienta que proporciona información de la situación que se generará a futuro si no se toman medidas.

### **1.3. Formulación del problema**

¿En qué medida la simulación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto contribuyó en la planificación de los escenarios futuros en el periodo 2016 - 2050?

### **1.4. Justificación e importancia**

Este trabajo de investigación permitió a través del proceso de simulación predecir escenarios para la toma de decisiones con respecto a la gestión de residuos electrónicos en los niveles correspondientes.

La importancia del presente trabajo radicó en que el gobierno local apoyo a la sensibilización de los actores involucrados (hogares, instituciones públicas y privadas), en esta temática para que tomen las mejores soluciones en reciclaje dentro de la ciudad de Tarapoto.

Con la aplicación de la simulación se obtuvieron volúmenes proyectados de los residuos electrónicos de la línea gris al 2050 muy cercanos a la realidad teóricamente.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcance**

Nuestra solución fue orientado a los actores involucrados dentro del distrito de Tarapoto, donde al finalizar el trabajo se obtuvo el modelo del proceso de gestión de residuos electrónicos de la línea gris y el planteamiento de escenarios, que permitió simular el funcionamiento del mismo, lo cual brindó una solución aceptable, tomando la misma perspectiva, se podría utilizar en otros distritos de la Provincia de San Martín que presenten la misma problemática.

### **1.5.2. Limitaciones**

Las limitaciones correspondieron básicamente fue al escaso estudio de la materia de investigación, siendo la problemática compleja, asimismo las limitaciones fueron dadas por el nivel de disponibilidad de recursos financieros, materiales y humanos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

**Román (2007) en su investigación *Análisis del (Ciclo) del final de vida de dispositivos postconsumo. Mexico, D.F* afirma lo siguiente:**

El objetivo de la presente investigación es determinar los impactos ambientales asociados con escenarios alternativos de recolección y final-de-vida de las pilas en México, comparándolos con los impactos que se tendrían si las pilas se desecharan en los residuos sólidos urbanos.

Para la investigación se utilizó la metodología ACV (análisis de ciclo de vida) con la cual se hace el análisis de inventario, impacto y mejora.

Las conclusiones se muestran, que el análisis del ciclo de vida muestra que hay un beneficio ambiental neto en la implementación de 60% de los escenarios estudiados y en el 40% restante no hay beneficios, cuando se comparan con la línea base. En particular, los dos escenarios de reciclado pirometalúrgico y el de reciclado hidrometalúrgico con recolección municipal selectiva son los que presentan los mayores beneficios ambientales.

**Hidalgo (2009) en su trabajo *La basura electrónica y la contaminación ambiental. Quito-Ecuador* afirma lo siguiente:**

El presente trabajo tiene por objetivo identificar a los principales aparatos eléctricos y electrónicos, sus componentes peligrosos para el medio ambiente y para el ser humano, las razones por las cuales los vuelven peligrosos, las formas de deshacerse una vez que terminan su vida útil y las medidas que se han tomado y que se piensa tomar con este tipo de basura que es ya una seria preocupación a nivel mundial.

La metodología utilizada en esta investigación fue a través de una recopilación bibliográfica, se busca conocer la situación actual de: los principales aparatos electrónicos que mayormente están siendo utilizados por la humanidad, los tiempos de vida útil o de renovación, su composición e identificación de los elementos peligrosos para el medio ambiente, las formas de deshacerse y las propuestas de parte de Organismos especializados.

La industria de aparatos y equipos eléctricos y electrónicos, es una de las de mayor crecimiento en la actualidad, producida por la demanda cada vez más grande en todos los lugares del planeta por las facilidades que prestan en el desenvolvimiento y desarrollo de todas las actividades humanas.

Las conclusiones se muestra que:, La basura electrónica a la par, al ser declarados como elementos inservibles, declaración que cada vez se la hace en períodos de tiempo más cortos, pues esa es la característica de duración que está prevaleciendo en este tipo de aparatos, crece el problema serio de cómo deshacerse de esta de basura, desecho o residuo.

Existen ya consideraciones ambientales por el impacto negativo que están causando y que se acentuaría si no se implementan de manera técnica procesos para fabricarlos, para identificarlos, ubicarlos, recolectarlos, transportarlos, desarmarlos, reutilizar partes con las cuales se pueden elaborar nuevos productos, reciclar componentes, y por último eliminarlos sin contaminar el medio ambiente ni afectar a la salud humana.

Como es lógico para disminuir los efectos del problema, lo ideal sería consumir el mínimo de elementos que resulten tóxicos en cualquier etapa de la existencia del aparato y al mismo tiempo buscar reemplazar estos por elementos más amigables para el ambiente y el ser humano.



De todas maneras el problema está presente y afectando ya sea de manera directa o indirecta tanto a países industrializados como en vías de desarrollo, por lo que las soluciones tienen que ser integrales, normalizadas y acogidas por la humanidad entera antes de que se convierta en algo irreversible o demasiado costoso su solución o remediación.

Se está avanzando en el reciclaje como parte de la solución, pero actualmente el 90% de los equipos acaban en los vertederos después de haber sido abandonados en la calle o lanzados sin ningún criterio en contenedores que los transportarán. Vale la pena recalcar que de este tipo de basura, cerca del 50% es metal que puede ser extraído y reprocesado, el resto es plástico y vidrio que puede seguir el mismo camino y que por lo tanto puede adquirir valor económico, beneficiando a quienes de manera técnica la gestionen.

Como una vía para frenar el crecimiento de la basura electrónica se ha presentado la iniciativa “Solucionar el problema de la e-basura” (STEP, por sus siglas en inglés), por el programa del medio ambiente de naciones unidas (PNUD), universidades de los cinco continentes y empresas como Dell, Microsoft, Hewlett Packard y Philips, entre muchas otras con el propósito de estandarizar el reciclado en el mundo, extender la vida útil de los aparatos y homogenizar las legislaciones.

Por lo que es imperioso que en el país se comience a crear conciencia de la generación de este tipo de basura, para que desde las instancias de poder correspondientes se implementen medidas probadas, que tiendan a disminuir tanto la generación como la gestión antitécnica y desorganizada que trae consigo la contaminación del medio ambiente perjudicando como siempre al ser humano.

**Hoyos (2011) en su investigación *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-Colombia* afirma lo siguiente:**

La reducción del ciclo de vida de los dispositivos electrónicos, especialmente los relacionados con las TIC como computadores y celulares, ha convertido la Gestión de residuos Electrónicos en un reto global. Para los países en vías de desarrollo, destinatarios de los residuos recibidos de los países desarrollados, esta gestión se enmarca en su proceso de cerrar la brecha digital.

El objetivo de este trabajo es desarrollar y simular un modelo con viabilidad técnica y financiera de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Colombia, basado en las diferentes tecnologías disponibles para el tratamiento responsable de estos residuos.

El modelo propuesto tiene como pilares el reúso de los equipos, como oportunidad para disminuir la brecha digital, y el tratamiento ambientalmente responsable de los residuos generados, recuperando energía para ser usada en los mismos procesos de reciclaje de los materiales que componen los residuos electrónicos.

**Valeiras y Godoy (2007) en su trabajo *Simulación Computacional para el Aprendizaje Comprensivo de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos* afirman lo siguiente:**

En esta simulación se representan cuatro de los seis elementos mencionados, dejando de lado la recolección y transporte, porque se considera que ellas no modifican la composición de los RSU, sino que los compactan y los cambian de lugar. De modo que los elementos del sistema que se modela son:

- (1) Generación de residuos domiciliarios.
- (2) Separación y procesamiento en la fuente.

(3) Separación y procesamiento después de dejar la fuente (por curaje o por separación en plantas municipales o privadas).

(4) Disposición final.

De acuerdo con esto, en la simulación desarrollada en este trabajo se han considerado las siguientes variables del modelo: Tamaño de la población, días anuales de producción de RSU, cantidad de residuos generados, patrón de composición de los residuos generados, patrón de separación en origen, Patrón de separación fuera de origen, tipos y porcentajes de disposición final. Estos elementos se relacionan directamente con los actores sociales que intervienen en el sistema.

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo e implementación de una simulación que está orientada al enriquecimiento de conciencia ambiental en estudiantes de Ingeniería y de Ciencias acerca del manejo de residuos sólidos urbanos. Con lo cual se concluye que la simulación contiene elementos predefinidos mediante bases de datos, con el fin de tomar en cuenta diferentes patrones de consumo de la población y de gestión de residuos. Para facilitar su uso, se han preparado casos de diferente nivel de complejidad, algunos de los cuales solamente aspiran a adiestrar al estudiante en el manejo del sistema, mientras que otros requieren de búsqueda de información de manera independiente y exploración de consecuencias basada en las decisiones adoptadas inicialmente.

**Ibarra y Redondo (2011) en su trabajo *Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia* afirman lo siguiente:**

Debido a la cantidad de factores que intervienen en este problema se hace necesaria la implementación de una metodología que permita trabajar dicha complejidad. Una de las alternativas metodológicas que mejor se adapta a este tipo de problemas sistémicos es la que nos ofrece la Dinámica de Sistemas. Esta metodología se han logrado buenos resultados para el manejo de los residuos sólidos ya sean

municipales o para predicción de generación o modelos de regionalización en diferentes países. Se logró establecer diagramas causales, de niveles y flujos y sus respectivas simulaciones con el software Stella 9.0.2.

Después de realizar las corridas del modelo y observar el comportamiento de las variables según los parámetros establecidos, podemos analizar que corresponde a la simulación en la cual no se tiene en cuenta el reciclaje es decir, en una institución donde no se realiza este proceso, podemos concluir que el presupuesto de la institución se mantiene hasta el punto, en que la generación de residuos se incrementa de manera excesiva, trayendo como consecuencia de que al pasar 12 meses el presupuesto disminuyo considerablemente.

Concluye que el modelo permitió observar el comportamiento de las variables, residuos totales, residuos reciclados y su relación con el presupuesto de la institución. Se pudo establecer que para implementar un plan de gestión integral de residuos sólidos, que sea eficiente, se necesita que exista una tasa de inversión adecuada al número de la población de la institución.

**Vásquez (2005) en su artículo *Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile* afirman lo siguiente:**

En este artículo se presenta un modelo que permite simular el impacto de un plan de gestión de para el manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile. El modelo fue construido utilizando dinámica de sistemas y programado en Powersim®. El modelo integra los diversos componentes participantes, tales como: población, condición socioeconómica, recolección de residuos, vertederos ilegales de residuos, estaciones de transferencias y rellenos sanitarios.

Se concluye que una campaña informativa y funcional, la cual aumenta los residuos reciclados, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos en los rellenos sanitarios y en los costos asociados a la producción, recolección y disposición de los residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile.

**Sánchez y Rojas (2009) en su trabajo *Modelo de simulación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios para el programa social PROSOFI. Caso de Estudio: Barrio El Bosque, localidad Usme, Bogotá* afirman lo siguiente:**

Que el Desarrollo de un modelo que permita la simulación basada en agentes y la visualización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios (GIRSD) en sectores de estratos 1 y 2 en la ciudad de Bogotá, con fines pedagógicos dentro de un marco investigativo en el programa social PROSOFI. Se tomará como caso de estudio, el barrio El Bosque ubicado en la localidad de Usme, en la ciudad de Bogotá.

El objetivo del esquema de recolección y transporte se caracteriza por tener una estructura dual: de una parte empresas privadas mediante contratos de concesión realizan una labor formalizada, remunerada, que representa para la ciudadanía costos significativos; y de otra parte una población de miles de recicladores de oficio en condiciones de vulnerabilidad realiza diariamente una labor informal, sin remuneración, carente de reconocimiento y utilizando vehículos de tracción humana y animal.

Concluye que el nuevo modelo implicará una tecnificación gradual y progresiva de la actividad de los recicladores de oficio, de forma tal, que sin perder su trabajo y fuente de sustento, esa población pueda desarrollar su actividad superando dos características que la distinguen actualmente: Primero que la separación de residuos en vía pública, en condiciones riesgosas para su salud y segundo que el transporte en medios de tracción humana o animal. En consecuencia, mediante

mecanismos financieros idóneos se dotará a las Organizaciones Autorizadas de recicladores de oficio, de una flota mecanizada apta para la recolección y transporte de material reciclaje, y se organizarán rutas específicas y exclusivas a cargo de cada organización.

## **2.2. Definición de términos**

### **2.2.1. Residuos electrónicos**

Son equipos que fueron utilizados para la informática, las telecomunicaciones, el ocio en las casas y los negocios y que ahora se consideran obsoletos, rotos o irreparables. A pesar de su clasificación común como residuos, los residuos informáticos suelen ser muy reutilizables, ya que por ejemplo, muchos ordenadores y componentes completamente funcionales se desechan durante mejoras.

Por lo tanto, normalmente se pueden aprovechar ya sea de forma total o parcial dichos residuos, ya sea restaurándolos, o extrayendo partes o componentes del mismo.

La facilidad para reciclarlos compensa claramente la alta nocividad de este tipo de residuos. **Theisen y Vigil (1994)**

### **2.2.2. Medio ambiente**

Se entiende por medio ambiente o medioambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras.

Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan intangibles como la cultura. **Theisen y Vigil (1994)**

### **2.2.3. Destino o disposición final de los residuos electrónicos**

Es el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos, en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

**Área metropolitana del valle de aburra (2004)**

### **2.2.4. Reciclaje**

Esta técnica consiste en la transformación física, química o biológica de los materiales contenidos en los residuos recolectados de tal forma que puedan ingresar de nuevo al ciclo de producción; normalmente todo artículo es reciclable, pero en la práctica solamente se tienen en cuenta aquellos que justifiquen económicamente la inversión realizada y los costos de operación debido a que para esta técnica se requiere invertir en una planta de reciclaje a parte de un servicio especial de recojo de los residuos segregados por los pobladores.

En este proceso es importante una intensa campaña de sensibilización puesto que los ciudadanos son los que realizan la pre selección de los residuos (segregación) colocándolos en envases según su tipo, asimismo los residuos deben estar limpios. El principal inconveniente es la gran inversión requerida y la contratación de mano de obra especializada. **Del Val-Rodríguez (1998)**

### **2.2.5. Centros Recolectores**

Esta técnica consiste en establecer, centros de recolección de Residuos Sólidos Reciclables, en zonas estratégicas, de tal forma que los vecinos se desplacen hasta dichos lugares para depositar sus Residuos, sin embargo requiere de una mayor sensibilización y de una mayor participación de los vecinos; pero esta técnica puede ser un complemento de la técnica de Reciclaje o Segregación en la Fuente.

**Henry y Heinke (1999)**

## 2.3. Bases teóricas

### 2.3.1. Teoría de simulación de sistemas

#### **Sistemas y modelos:**

El término sistema se utiliza habitualmente con múltiples sentidos, tantos que resulta difícil dar una definición única que los abarque todos y al mismo tiempo sea lo suficientemente precisa para servir a propósitos específicos. Podemos partir de la definición de sistema como conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto.

Se trata de una definición sencilla pero que pone de manifiesto los caracteres relevantes de lo que constituye el denominado enfoque sistémico: contemplación del todo y no de las partes aisladamente, acento en las relaciones entre las partes y consideración teleológica al tener en cuenta los propósitos u objetivos del sistema, especialmente válida para los sistemas creados por el hombre.  
***ISDEFE (2008)***

#### **El proceso de construcción de modelos:**

El análisis del sistema a través de un modelo implica que la representación del sistema que constituye el modelo ha de ser una representación manipulable numéricamente.

El ejercicio de construcción del modelo del sistema comienza por la construcción de un modelo conceptual del sistema, representación equivalente lógica aproximada del sistema real que, como tal, constituye una abstracción simplificada del mismo, que a continuación se traduce en un modelo apto para su ejecución en un ordenador. El proceso de modelización o construcción del modelo implica: ***ISDEFE (2008)***



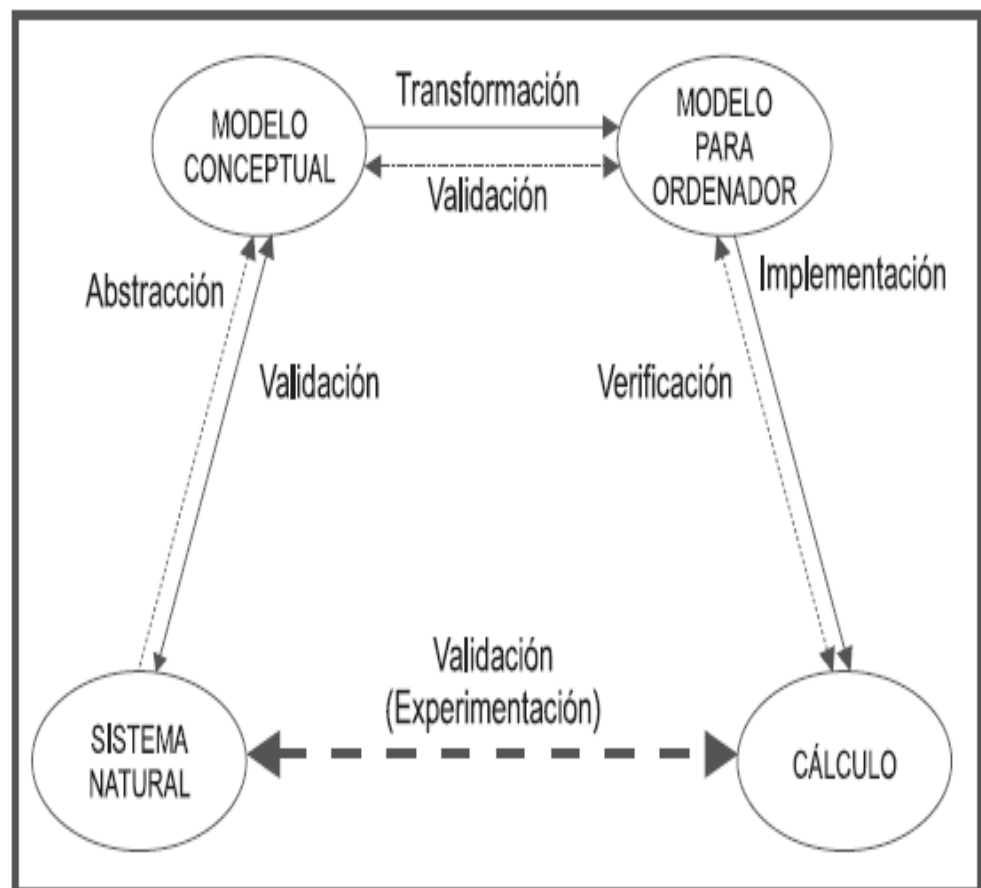
Identificación de las entidades principales del sistema y de sus atributos característicos.

Identificación y representación de las reglas que gobiernan el sistema que se quiere simular.

Captación de la naturaleza de las interacciones lógicas del sistema que se modeliza.

Verificación de que las reglas incorporadas al modelo son una representación válida de las del sistema que se modeliza.

Representación del comportamiento aleatorio.



**Figura 3: El proceso de modelización.**

Fuente: La simulación de sistemas. ISDEFE 2008.

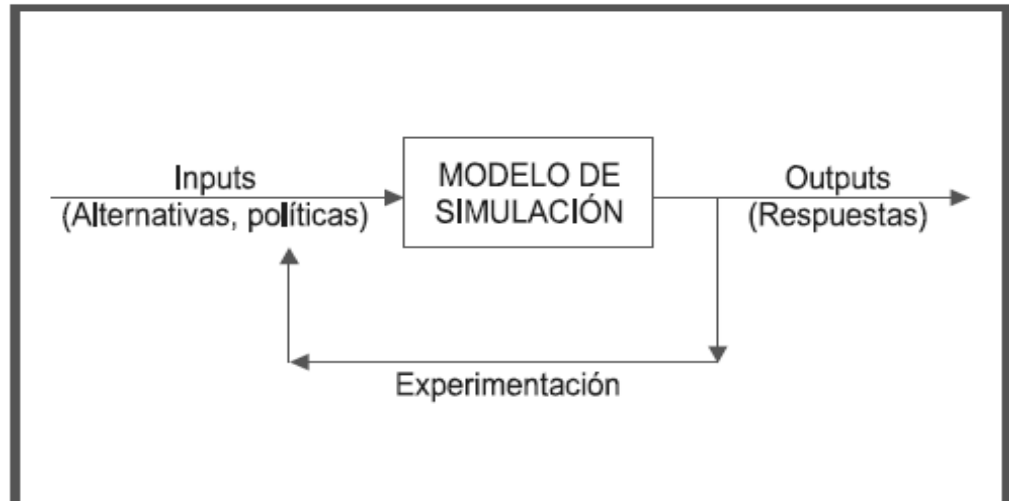
### **La Simulación como proceso experimental:**

La práctica de la simulación es una técnica que no realiza ningún intento específico para aislar las relaciones entre variables particulares, antes bien adopta un punto de vista global desde el que se intenta observar cómo cambian conjuntamente todas las variables del modelo con el tiempo. En todo caso, las relaciones entre las variables deben obtenerse a partir de tales observaciones.

Esta concepción caracteriza la simulación como una técnica experimental de resolución de problemas, lo que comporta la necesidad de repetir múltiples ejecuciones de la simulación para poder entender las relaciones implicadas por el sistema, en consecuencia el uso de la simulación en un estudio debe planificarse como una serie de experimentos cuyo diseño debe seguir las normas del diseño de experimentos para que los resultados obtenidos puedan conducir a interpretaciones significativas de las relaciones de interés. La simulación con computador es por lo tanto una técnica que realiza experimentos en un computador con un modelo de un sistema dado.

El modelo es el vehículo utilizado para la experimentación en sustitución del sistema real. Los experimentos pueden llegar a tener un alto grado de sofisticación que requiera la utilización de técnicas estadísticas de diseño de experimentos.

En la mayor parte de los casos los experimentos de simulación son la manera de obtener respuestas a preguntas del tipo "¿qué pasaría sí?", preguntas cuyo objetivo suele ser evaluar el impacto de una posible alternativa que sirva de soporte a un proceso de toma de decisiones sobre un sistema, proceso que puede representarse esquemáticamente mediante el diagrama de la figura siguiente:



**Figura 4: Esquema del proceso experimental de la simulación.**

**Fuente: La simulación de sistemas. ISDEFE 2008.**

La simulación, y el procedimiento experimental asociado, se convierten también en una herramienta de diseño de sistemas, cuyo objetivo es la producción de un sistema que satisfaga ciertas especificaciones. El diseñador puede seleccionar o planear como deben ser las componentes del sistema y concebir cual debe ser la combinación de componentes y relaciones entre ellas que determinan el sistema propuesto.

El diseño se traduce en un modelo cuyo comportamiento permite inducir el del sistema previsto. El diseño se acepta cuando las previsiones se ajustan adecuadamente a los comportamientos deseados, en caso contrario se introducen las modificaciones pertinentes en el modelo y se repite el proceso.

Otra posibilidad es la que se da en estudios económicos, políticos, médicos, etc. en los que se conoce el comportamiento del sistema pero no los procesos que producen tal comportamiento. En este caso se formulan hipótesis sobre las entidades y actividades que pueden explicar la conducta.

El estudio de simulación por medio del modelo correspondiente permite comparar las respuestas de un modelo basado en tales

hipótesis con el comportamiento conocido, de manera que una concordancia adecuada lleva a suponer que la estructura del modelo se corresponde con la del sistema real.

La aplicación de la simulación a diferentes tipos de sistemas combinada con las diferentes clases de estudio que se pueden realizar conduce a una gran cantidad de variantes de la manera en que se puede realizar un estudio de simulación. Sin embargo hay determinados pasos básicos del proceso que pueden identificarse como los constituyentes de lo que denominaremos la metodología de un estudio de simulación, y son los siguientes:

Definición del problema y planificación del estudio.

Recogida de datos.

Formulación del modelo matemático.

Construcción y verificación del programa para computador del Modelo.

Ejecuciones de prueba del modelo.

Validación del modelo.

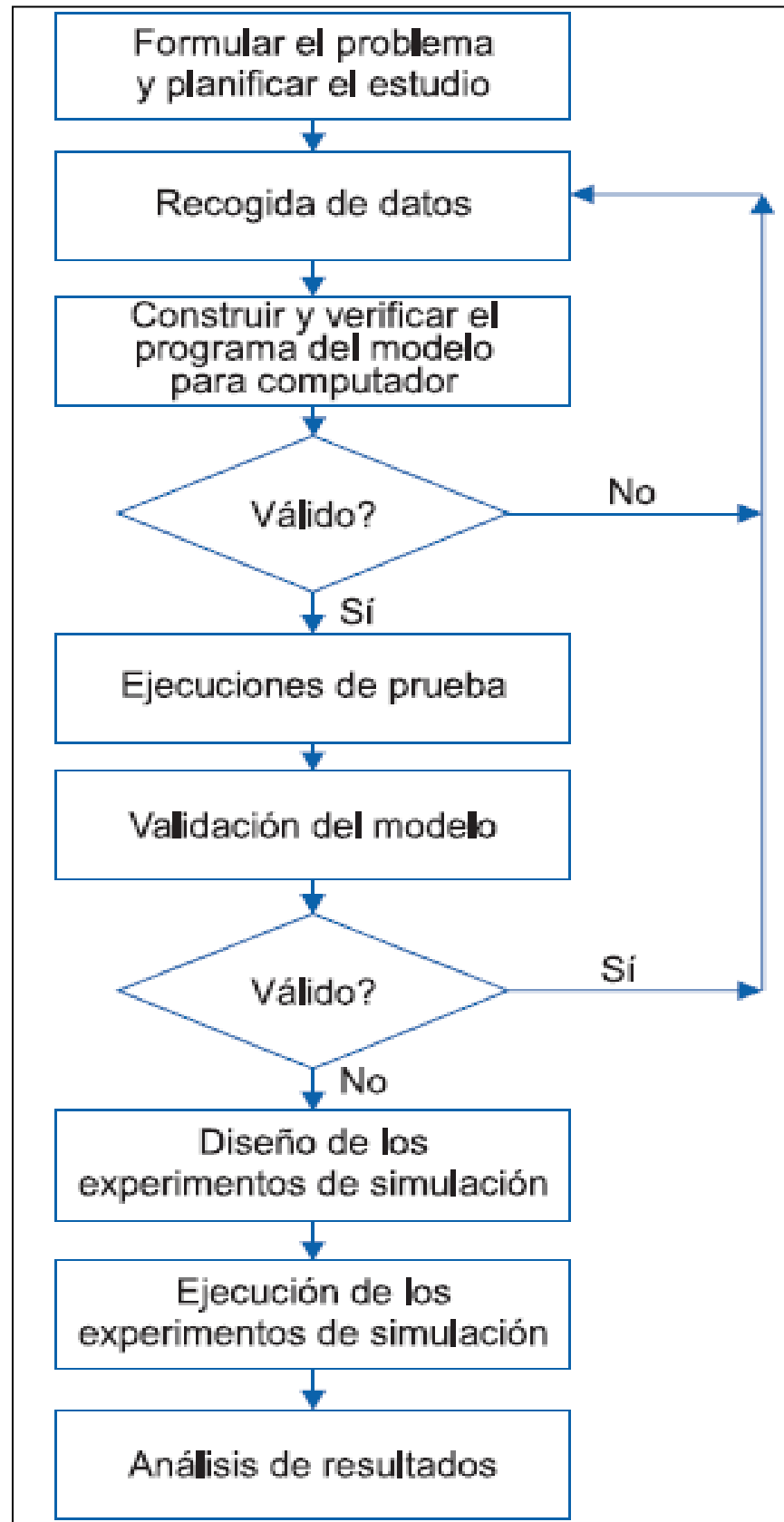
Diseño de los experimentos de simulación.

Ejecución de los experimentos.

Análisis de los resultados.

El modelo únicamente debe contener el nivel de detalle requerido por los objetivos del estudio. Dado un modelo matemático la construcción del programa para computador es el requisito imprescindible para poder manipular numéricamente el modelo para obtener las soluciones que respondan a las preguntas que el analista se formula sobre el sistema.

La validación del modelo es uno de los pasos cruciales del proceso, suele ser uno de los más difíciles, pero es un requisito indispensable para establecer si el modelo representa o no adecuadamente el sistema u objeto del estudio.



**Figura 5: Etapas de un estudio de simulación.**

Fuente: La simulación de sistemas. ISDEFE 2008.

### 2.3.2. Escenarios de simulación urbana

En la simulación urbana encontramos clasificaciones de escenarios de simulación según el tipo de resultado que se pretenda obtener. Partimos de la suposición de que los escenarios de simulación de crecimiento urbano son, en principio, prospectivos, correspondiéndose generalmente con situaciones futuras probables, posibles o deseables. De esa forma, los tres tipos de escenarios producidos (predictivos, exploratorios y normativos), varían según la orientación futura que representan. **Aguilera Benavente (2010)**

El primer grupo representa escenarios probables, que tienen como objetivo conocer lo que puede suceder en un plazo de tiempo generalmente corto. Dentro de estos escenarios predictivos, hay una ramificación que se basa, o en las predicciones *per se*, o en las técnicas *what if?* (¿qué sucedería si...?).

Este se considera más adecuado en estudios de simulación de expansión urbana por permitir generar varias posibilidades según variaciones en los datos de entrada, lo que es muy útil en función de la gran complejidad del fenómeno y de la dinámica acelerada de los cambios urbanos.

Los escenarios exploratorios, muestra evoluciones posibles de crecimiento, y contestan a la pregunta ¿qué puede pasar? , en el caso de que un planteamiento u otro se elija en base a una teoría o hipótesis. El principal enfoque de los escenarios exploratorios se centra en las decisiones a tomar.

Los escenarios normativos consisten en generar escenarios óptimos según metas deseables. Este responde a la pregunta ¿qué debería pasar?, y su enfoque está principalmente en el planteamiento de las transformaciones necesarias para alcanzar un estado determinado.

**Tabla 2: Resumen de las características de los distintos tipos de modelos prospectivos de simulación urbana.**

Escenario	Predictivos	Exploratorios	Normativos
Pregunta	¿Qué pasará?	¿Qué puede pasar?	¿Qué debe pasar?
Escenario futuro	Probable	Posible	Imaginario
Carácter	Descriptivo	Explicativo	Deseado
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extrapolar tendencias</li> <li>- Evaluar escenarios</li> <li>- Predecir estados futuros</li> <li>- Imitar el mundo real</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explorar teorías</li> <li>- Generar hipótesis</li> <li>Probar hipótesis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discutir metas deseables</li> <li>- Imaginar el futuro ideal</li> </ul>
Variación de escenarios	<i>Predicción o ¿what if?</i>	Externos o estratégicos	De optimización o de Transformación
Énfasis	Resultados y validez	Decisión a tomar	Planteamiento de transformaciones necesarias
Resultados	Esperanza de que esté bien	Ejerce cierto control sobre los resultados	Control total sobre Resultados
Modelos más comúnmente Utilizados	MBA	MBA, CA, Regresión logística	CA, AMC (multicriterio)

**Fuente: Simulación urbana, Aguilera Benavente. 2010.**

### 2.3.3. Modelo de simulación basado en agentes

Un modelo basado en agentes (MBA) es un tipo de modelo computacional que permite la representación y posterior simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro de un ambiente.

Un MBA es una herramienta para el estudio de sistemas (por ej.: sistemas sociales). Mediante la simulación de un MBA, se puede evaluar de manera sistemática diferentes hipótesis relativas a las propiedades de los agentes, sus reglas de comportamiento, los tipos de interacciones y su efecto a nivel macro de los hechos modelados del sistema.

En el contexto de los modelos de simulación aplicados a las ciencias sociales, y más concretamente a los temas urbanos, los MBA son considerados modelos muy adecuados. **Castle y Crooks (2010)**

Las principales características de los modelos basados en agentes son la posibilidad de considerar el comportamiento de los agentes al estudiar los cambios territoriales; permitir el movimiento libre de los agentes en el área de estudio, no estando restringidos a una vecindad inmediata (pudiendo ser los agentes, incluso, entidades no espaciales); y la capacidad de capturar fenómenos emergentes, que reflejen el comportamiento individual en la aparición de patrones espaciales.

Algunos autores consideran los MBA modelos idóneos para trabajar con fenómenos complejos (como las dinámicas urbanas) debido a la relativa facilidad que estos presentan para incorporar algunas de sus características, como auto organización, caos, adaptación, etc.



#### 2.3.4. Dinámica de sistemas

##### **Definición:**

Es una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas y su comportamiento a través del tiempo con tal de que tenga características de existencias de retardos y bucles de realimentación.

La dinámica de sistemas usa conceptos del campo del control realimentado para organizar información en un modelo de simulación por ordenador. Un ordenador ejecuta los papeles de los individuos en el mundo real. La simulación resultante revela implicaciones del comportamiento del sistema representado por el modelo. **Aracil y Gordillo (1997)**

##### **Pensamiento sistémico:**

En su nivel más amplio, el pensamiento sistémico abarca una amplia y heterogénea variedad de métodos, herramientas y principios, todos orientados a examinar la interrelación de fuerzas que forman parte de un proceso común.

Hay una forma del pensamiento sistémico que se ha vuelto sumamente valiosa como idioma para describir el logro de un cambio fructífero en las organizaciones. Esta forma, llamada "dinámica de sistemas".

##### **Evento continuo:**

La simulación continua son análogas a un depósito en donde el fluido que atraviesa una cañería es constante. El volumen puede aumentar o puede disminuir, pero el flujo es continuo. En modelos continuos, el cambio de valores se basa directamente en los cambios de tiempo.

**Evento discreto:**

La llegada de órdenes, o las partes que están siendo ensambladas, así como los clientes que llaman, son ejemplos de eventos discretos. El estado de los cambios en los modelos sólo se da cuando esos eventos ocurren.

**Diagramas causales:**

Muestran el comportamiento del sistema.

Permite conocer la estructura de un sistema dinámico, dada por la especificación de las variables y la relación de cada par de variables.

Diagramas Causales: Tipos de relaciones que ligan dos elementos entre sí.

RELACIÓN CAUSAL: Aquella en la que un elemento A determina a otro B, con relación de Causa a Efecto.

RELACIÓN CORRELATIVA: Existencia de una correlación entre dos elementos del sistema, sin existir entre ellos una relación Causa-Efecto.

**Límites del sistema:**

Selección de aquellos componentes que sirvan para generar los modos de comportamiento.

Espacio en donde se llevará a cabo el estudio.

No se toman en cuenta aspectos irrelevantes.

**Principales variables en los modelos:**

Variables exógenas que afectan al sistema sin que este las provoque.

Variables endógenas que afectan al sistema pero este sí las provoca.

**Categorías de paradigmas de modelado:**

Durante siglos el desarrollo de sistemas dinámicos estuvo basado en el estudio de modelos de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales. Estas permitieron modelar exitosamente los sistemas dinámicos encontrados en la naturaleza (de hecho, los éxitos de la física y esta línea de investigación fueron tan grandes que penetraron casi todo el pensamiento científico).

Pero por otro lado, la tecnología moderna ha permitido que el hombre cree sistemas dinámicos que no pueden ser descriptos fácilmente por medio de ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales. Como ejemplos de tales sistemas podemos mencionar líneas de producción o ensamblado, las redes de computadoras y comunicaciones, los sistemas de control tráfico (en el aire y tierra), los sistemas de control militar, etc.

En estos sistemas, la evolución en el tiempo depende de interacciones complejas de varios eventos discretos y de su temporalidad, tales como la llegada o partida de un trabajo, y la iniciación o finalización de una tarea, etc. El "estado" de tales sistemas sólo cambia en instantes discretos de tiempo en lugar de continuamente.

La simulación aparece como una alternativa para estudiar el comportamiento de estos sistemas complejos. Una de las primeras

aplicaciones de simulación con computadoras fue en el proyecto Manhattan, donde se estudió la difusión aleatoria de neutrones para el desarrollo de la bomba atómica, usando métodos de Montecarlo.

El impacto de la tecnología de computadoras ha tenido gran influencia en el desarrollo de técnicas de simulación, y en la actualidad existe hardware, interfaces con el usuario y herramientas de programación que influenciaron los métodos teóricos existentes.

La gran variedad de paradigmas de modelado puede clasificarse de acuerdo a distintos criterios.

Con respecto a la base de tiempo, hay paradigmas a tiempo continuo, donde se supone que el tiempo evoluciona de forma continua (es un número real), y a tiempo discreto, donde el tiempo avanza por saltos de un valor entero a otro (el tiempo es un entero).

Con respecto a los conjuntos de valores de las variables descriptivas del modelo, hay paradigmas de estados o eventos discretos (las variables toman sus valores en un conjunto discreto), continuos (las variables son números reales), y mixtos (ambas posibilidades).

### **Ventajas y desventajas del uso de la simulación:**

Aunque la técnica de simulación generalmente se ve como un método de último recurso, recientes avances en la metodología de simulación y la gran disponibilidad de software que actualmente existe en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más ampliamente usadas en el análisis de sistemas.

Además de las razones antes mencionadas, Thomas H. Naylor ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas:

A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.

Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.

La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadísticos, análisis teórico, etc.

La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.

La técnica de simulación puede ser utilizada para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales tiene poca o ninguna información. A través de esta experimentación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.

La técnica de simulación se puede utilizar también para entrenamiento de personal. En algunas ocasiones se puede tener una buena representación de un sistema (como por ejemplo los juegos de negocios), y entonces a través de él es posible entrenar y dar experiencia a cierto tipo de personal.

Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser usada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en el comportamiento del sistema.

Los sistemas los cuales son sujetos de investigación de su comportamiento no necesitan existir actualmente para ser sujetos de experimentación basados en la simulación. Solo necesitan existir en la mente del diseñador.

El tiempo puede ser comprimido en los modelos de simulación. El equivalente de días, semanas y meses de un sistema real en operación frecuente pueden ser simulados en solo segundos, minutos u horas en una computadora. Esto significa que un largo número de alternativas de solución pueden ser simuladas y los resultados pueden estar disponibles de forma breve y pueden ser suficientes para influir en la elección de un diseño para un sistema.

En simulación cada variable puede sostenerse constante excepto algunas cuya influencia está siendo estudiada. Como resultado el posible efecto de descontrol de las variables en el comportamiento del sistema necesitan no ser tomados en cuenta. Como frecuentemente debe ser hecho cuando el experimento está desarrollado sobre un sistema real.

### **2.3.5. Reciclaje**

Reciclaje o reciclamiento es la acción y efecto de reciclar (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta.

El tratamiento de reciclaje puede llevarse a cabo de manera total o parcial, según cada caso. Con algunos materiales, es posible obtener una materia prima, mientras que otros permiten generar un nuevo producto. La base del reciclaje se encuentra en la obtención de una materia prima o producto a partir de un desecho.

Un producto ya utilizado (como una botella de plástico vacía) puede destinarse a la basura o reciclarse y adquirir un nuevo ciclo de vida (al derretir el plástico y utilizarlo en la fabricación de una nueva botella).

Esto quiere decir que el reciclaje contribuye a luchar contra el agotamiento de los recursos naturales y también ayuda a eliminar los desechos de forma eficaz. Al separar los residuos según sus características, es posible aprovechar algunos para el reciclaje y eliminar el resto de manera adecuada. **Pérez y Gardey (2010)**

Ejemplo:

RAEE (planta de acopio y tratamiento exclusivo para residuos electrónicos y eléctricos), ubicada en San Juan de Lurigancho.

Planta recicladora de tetrapark.

### **2.3.6. Residuos electrónicos de la línea gris**

“Abarca a todos los equipos informáticos y de telecomunicación (computadoras, laptops, celulares, impresoras y periféricos)”.  
(**Londoño-Dayana, 2014**)

### **2.3.7. Ley del Reciclador**

El proyecto de ley N° 2819/2008-CR, establece el marco normativo para la regulación de la actividad recicladora y está orientado a la protección, capacitación y promoción del desarrollo social y laboral del reciclador, promoviendo su formalización y asociación, además del reconocimiento a su contribución con la mejora del manejo de los residuos sólidos en el país.

De acuerdo con el proyecto de ley, la actividad del reciclador sería regulada por los gobiernos locales, a través de normas de promoción de esta actividad en coordinación con las asociaciones de recicladores registrados en sus jurisdicciones, además de participar en los Sistemas

de Gestión de Residuos Sólidos que por ley le corresponde a las municipalidades del país.

Además, el 1 de Junio ha sido declarado Día del Reciclador como reconocimiento a sus derechos y a su labor en favor del medio ambiente. **Congreso de la Republica (2009)**

### **2.3.8. Proceso de gestión**

Proceso: secuencia de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados (UNE-EN ISO 9000:2005).

La gestión de procesos o gestión basada en procesos es uno de los 8 principios de la gestión de la calidad. Su importancia radica en que los resultados se alcanzan con más eficiencia cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso. La gestión basada en procesos fue uno de los grandes aportes de la gestión de la calidad cuando nació como evolución del aseguramiento de la calidad. **Asociación española para la calidad (2005)**

### **2.3.9. Planificar escenarios**

La planificación de escenarios es tal vez el método más popular y utilizado para determinar las posibles futuras situaciones en que se encontrará una organización y los cambios que experimentan hoy las organizaciones. Partiendo de un conjunto de factores conocidos y desconocidos, los escenarios son descripciones narrativas de lo que podría suceder en el futuro. La planificación de escenarios constituye una eficaz herramienta para predecir el futuro que permite a los encargados de la planificación examinar lo que es probable e improbable que ocurra, teniendo bien en cuenta que los elementos improbables son los que pueden determinar el éxito relativo de una organización. Dado que el futuro no es muy predecible, los escenarios aportan diversas opciones centradas en ciertas condiciones a partir de las cuales pueden tomarse decisiones. **Villafaña (2005)**



## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis alterna**

La simulación para el proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris de la ciudad de Tarapoto permitirá predecir para planificar escenarios futuros en el periodo 2016-2050.

### **2.4.2. Hipótesis nula**

La simulación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris de la ciudad de Tarapoto no permitirá predecir para planificar escenarios futuros en el periodo 2016-2050.

## **2.5. Sistema de variables**

### **2.5.1. Variable a predecir**

X1= Proceso de Gestión de Residuos Electrónicos de la Línea Gris.

### **2.5.2. Variable predictiva**

Y1= Escenarios Futuros.

## **2.6. Escala de medición**

### **2.6.1. Variable a predecir: Proceso de Gestión de Residuos Electrónicos de la Línea Gris.**

X1= volumen producido según escenario (nominal)

### **2.6.2. Variable predictiva: Escenarios Futuros.**

Y1= % de no reciclaje según Escenario positivo (nominal)

Y2= % de no reciclaje según Escenario intermedio. (Nominal)

Y3= % de no reciclaje según Escenario negativo. (Nominal)

## **2.7. Objetivos**

### **2.7.1. Objetivo General**

Simular según escenarios el volumen de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto en el periodo 2016-2050.

### **2.7.2. Objetivos Específicos**

- a) Evaluar los datos históricos referentes a la producción de volúmenes de los residuos electrónicos de la línea gris.
- b) Diseñar y validar el modelo de simulación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto.
- c) Simular el proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris en el periodo 2016-2050.
- d) Analizar según escenarios el proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris.

# **CAPITULO II**

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Universo y muestra

##### 3.1.1. Universo

La población o universo está representada por todas las entidades públicas, privadas y hogares que generan residuos electrónicos de la línea Gris.

**TABLA 3: Cantidad de la Población**

Unidad Poblacional	Cantidad
INSTITUCIONES PUBLICAS (DIRECTORIO COMERCIAL DE CAMARA DE COMERCIO DE SAN MARTIN) = POBLACION A	45
INSTITUCIONES PRIVADAS (DIRECTORIO COMERCIAL DE CAMARA DE COMERCIO DE SAN MARTIN) POBLACION B	60
N° HOGARES DE LA CIUDAD TARAPOTO (DATOS INEI) POLACION C	16950

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos Cámara de Comercio y/o INEI

##### 3.1.2. Muestra

Muestra preliminar:

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

Siendo:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población.

$\sigma$  = Desviación estándar de la población con un valor de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante el nivel de confianza. Es 95% de confianza que equivale a 1,96.

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (009).

**Datos para calcular el tamaño de la muestra de la población**

**A:**

$$N = 45$$

$$Z = 1.96$$

$$i = 0.05$$

$$p = 0.5$$

$$q = 1-p$$

Reemplazando valores en la fórmula:

$$n = \frac{45 \cdot (0,5)^2 \cdot (1,96)^2}{(0,05)^2(45 - 1) + (0,5)^2 \cdot (1,96)^2}$$

$$n = 40$$

**Datos para calcular el tamaño de la muestra de la población**

**B:**

$$N = 60$$

$$Z = 1.96$$

$$i = 0.05$$

$$p = 0.5$$

$$q = 1-p$$

Reemplazando valores en la fórmula:

$$n = \frac{60 \cdot (0,5)^2 \cdot (1,96)^2}{(0,05)^2(60 - 1) + (0,5)^2 \cdot (1,96)^2}$$

$$n = 52$$

**Datos para calcular el tamaño de la muestra de la población**

**C:**

$$N = 16950$$

$$Z = 1.96$$

$$i = 0.05$$

$$p = 0.5$$

$$q = 1-p$$

Reemplazando valores en la fórmula:

$$n = \frac{16950 \cdot (0,5)^2 \cdot (1,96)^2}{(0,05)^2(16950 - 1) + (0,5)^2 \cdot (1,96)^2}$$

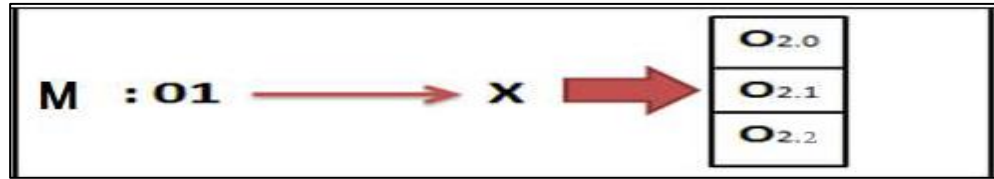
$$n = 376$$

### 3.2. **Ámbito geográfico**

En la jurisdicción de la provincia y departamento de San Martín y específicamente en el distrito de Tarapoto ubicada en el valle de los ríos cumbaza y shilcayo, a 08° 07' de latitud, 79° 01' de longitud y 350 msnm de altitud. Cuenta con una superficie aproximada de 67.81 Km<sup>2</sup>.

### 3.3. **Diseño de investigación**

La investigación es del tipo de NO EXPERIMENTAL LONGITUDINAL, puesto que se basa en el estudio de la evolución o cambio de las variables que afectan la generación de los residuos electrónicos de la línea gris. Se recogieron datos acerca de las variables críticas del sistema para construir el modelo de simulación para luego hacer inferencias en cuanto al cambio que han presentado las mismas y las consecuencias de ello. Por otra parte la investigación es longitudinal de tendencia ya que se basaron en las tendencias evolutivas de los pronósticos, se analizaron los cambios a través del tiempo.



**Figura 6: Diseño no experimental longitudinal**

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

<b>M:</b>	Muestra: residuos sólidos (electrónicos) de la línea gris.
<b>O1:</b>	Evaluación (datos históricos) aplicada a la muestra antes de la simulación.
<b>X:</b>	Proceso de simulación
<b>O2.0; O2.1;</b>	Evaluación aplicada (resultados de la simulación)
<b>O2.2:</b>	según escenarios

### 3.4. Procedimientos y técnicas

#### 3.4.1. Procedimientos

Para el desarrollo de la presente tesis de investigación se realizó de la siguiente manera:

1. Se identificó el problema, las variables críticas del sistema y los actores involucrados en la problemática.
2. Se procedió a elaborar la encuesta dirigida a los actores involucrados en la situación problema. **(ver anexo 6 y anexo 7).**
3. Con los datos recolectados se empezó a diseñar el modelo para cada escenario, enfocándose en la disposición final de los residuos electrónicos de la línea gris: PCs (monitor y CPU),

laptop, impresoras, periféricos (mouse, teclado y parlantes) y celulares.

#### 4. Procesamiento de la información – análisis de datos.

El procedimiento para el análisis de datos de la muestra según diseño de la investigación se realizó teniendo en cuenta lo siguiente:

Recolección de información histórica de la cantidad de equipos en uso antes de la simulación con la finalidad de construir el modelo conceptual y modelo matemático subyacente a la realidad en estudio. El modelo contempla los datos obtenidos de los actores involucrados (población, empresa privada y empresa pública); según tipo de residuo electrónico de la línea gris, de acuerdo al periodo de vida útil de cada uno, con su respectivo porcentaje reciclaje y no reciclaje. (**Ver: tabla N° 1**)

Luego se efectúa el proceso de simulación, con la finalidad de obtener la ilustración del comportamiento del sistema en estudio “Dinámica de la producción de volúmenes de residuos sólidos electrónicos de la línea gris”, proyectados al 2050

La evaluación del modelo se realizará según escenarios (positivo – negativo - intermedio), con la finalidad de obtener proyecciones de cada escenario planteado para su planificación futura con el fin de proponer una gestión que logre la mayor recuperación de materiales en canales formales, para evitar los impactos negativos de su mala disposición final.



Para el análisis e interpretación de datos se hará en el siguiente orden:

Tabulación y clasificación de los datos obtenidos

Diseño y validación de los modelos según escenarios

Aplicación de la prueba de hipótesis

### **3.4.2. Técnicas**

Para obtener los datos de las variables consideradas, se han necesitado recurrir a lo siguiente:

#### **3.4.2.1. Análisis bibliográfico**

Nuestra investigación incluye convenientemente la revisión exhaustiva de materiales bibliográficos (libros, compilaciones oficiales, artículos de investigación y sitios web).

La revisión de los materiales bibliográficos se realizó mediante transcripciones y resúmenes.

### **3.5. Instrumentos**

#### **3.5.1. Instrumentos de recolección de datos**

Recopilamos información usando diversas herramientas y técnicas, incluyendo generalmente la Web.

##### **3.5.1.1. Encuestas**

Los datos se obtuvieron realizando un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a nuestra muestra representativa o actores involucrados en estudio. **(Ver: anexo 05 y anexo 06)**

### 3.5.1.2. Entrevistas

Tuvo objeto de recolectar datos para la indagación dentro de algunos de los actores involucrados.

### 3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos

Con la ayuda de la estadística descriptiva y los instrumentos anteriormente descritos: El procesamiento de los datos se realizó de la siguiente manera:

**Tabla N° 4: Procesamiento de datos antes y después de la simulación**

GRUPO	ANTES DE LA SIMULACION	DESPUÉS DE LA SIMULACION
EVALUACIONES	O1; (Ver: tabla N° 1)	O2.0; O2.1; O2.2; (Ver: tabla N° 5)

**Fuente:** Elaboración propia, interpretación de la figura N° 6.

Los resultados obtenidos se procesaron para dar una solución al problema y a los objetivos de estudio. Para ello se utilizaron herramientas estadísticas, entre ellos tenemos:

**La media aritmética y la desviación estándar:** Permitió medir los resultados de los pre-test y post-test del nivel de volumen producido de residuos sólidos electrónicos de la línea gris en el distrito de Tarapoto.

### Media Aritmética.

$$\bar{X} = \frac{\sum O1}{n}$$

### Desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(O1 - \bar{O})^2}{n - 1}}$$

Se emplearon los siguientes softwares como herramientas de soporte estadístico para poder procesar los datos:

**Excel:** Como herramientas de soporte informático para el procesamiento de los datos.

**SPSS(Statiscal Package for the Social Scienes):** Como herramienta de soporte estadístico para el procesamiento de los datos.

**Software “Vensim”:** Como herramienta de simulación en cual se construyó el modelo, y se hizo los experimentos, partiendo de unas determinadas condiciones iniciales, obteniéndose el pronóstico de las variables en el horizonte temporal según escenario.

### 3.6. Prueba de hipótesis

Para probar la hipótesis que se plantea en la investigación lo hacemos de la forma que es presentar los resultados de la simulación de los modelos desarrollados, durante el periodo 2016 – 2050 de una manera empírica por estar basado en demostración no estadístico.

**Tabla N° 5: Datos en volúmenes de disposición final, según escenario del 2016 – 2050; media aritmética y desviación estándar.**

AÑOS	ESCENARIOS		
	POSITIVO(O2.0)	INTERMEDIO(O2.1)	NEGATIVO(O2.2)
2016	3546,24	81775,30	111793,00
2017	5803,58	140597,00	187820,00
2018	7765,80	193347,00	255034,00
2019	9494,43	240800,00	314931,00
2020	11035,00	283605,00	368666,00
2021	12421,50	322308,00	417151,00
2022	13680,10	357375,00	461113,00
2023	14831,00	389206,00	501146,00
2024	15890,30	418151,00	537741,00
2025	16870,60	444512,00	571308,00
2026	17782,60	468558,00	602199,00
2027	18635,20	490522,00	630712,00
2028	19435,60	510615,00	657110,00
2029	20190,30	529022,00	681621,00
2030	20904,70	545908,00	704445,00
2031	21583,80	561422,00	725761,00
2032	22231,80	575695,00	745728,00
2033	22852,50	588848,00	764489,00
2034	23449,20	600988,00	782170,00
2035	24025,20	612210,00	798888,00
2036	24583,20	622603,00	814746,00
2037	25125,70	632244,00	829839,00
2038	25655,00	641207,00	844252,00
2039	26173,30	649554,00	858065,00
2040	26682,50	657346,00	871348,00
2041	27184,50	664635,00	884166,00
2042	27680,80	671470,00	896581,00
2043	28173,20	677895,00	908646,00
2044	28663,00	683952,00	920413,00
2045	29151,60	689675,00	931929,00
2046	29640,30	695101,00	943237,00
2047	30130,30	700259,00	954377,00
2048	30622,70	705177,00	965388,00
2049	31118,70	709883,00	976305,00
2050	31619,30	714399,00	987159,00
<b>MEDIA</b>			
<b>ARITMETICA</b>	<b>21275,24</b>	<b>527738,98</b>	<b>697322,20</b>
<b>DESVIACION</b>			
<b>ESTANDAR</b>	<b>7714,55</b>	<b>177509,83</b>	<b>242558,85</b>

Fuente: elaboración propia, extraídos del Excel

**Interpretación:**

De la tabla N° 05 ilustrado gráficamente mediante diagrama de barras (**Ver: anexo 10**), se observa que los resultados obtenidos del proceso de simulación del proceso de gestión de residuos electrónicos de la línea gris en el periodo 2016 – 2050 según, escenarios:

Escenario positivo,

Escenario intermedio o actual,

Escenario negativo;

Los escenarios varían según los indicadores que a continuación mencionaremos:

Primer indicador: % de reciclaje de los dispositivos analizados.

Segundo indicador: % de no reciclaje del dispositivo.

De las cuales los dispositivos analizados para la presente investigación pertenecientes a la línea gris son: Pcs (monitor y CPU), laptops, impresoras, periféricos (mouse, teclado y parlantes) y celulares.

Entonces podemos concluir que los datos obtenidos líneas arriba del proceso de simulación y los gráficos que se adjuntarán en el **capítulo III** de resultados quedan demostrados que la hipótesis alterna de la presente investigación es demostrable.

# **CAPITULO III**

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Diseño y validación del modelo

#### 4.1.1. Diagramas causales de variables intervinientes para el modelo a proponer

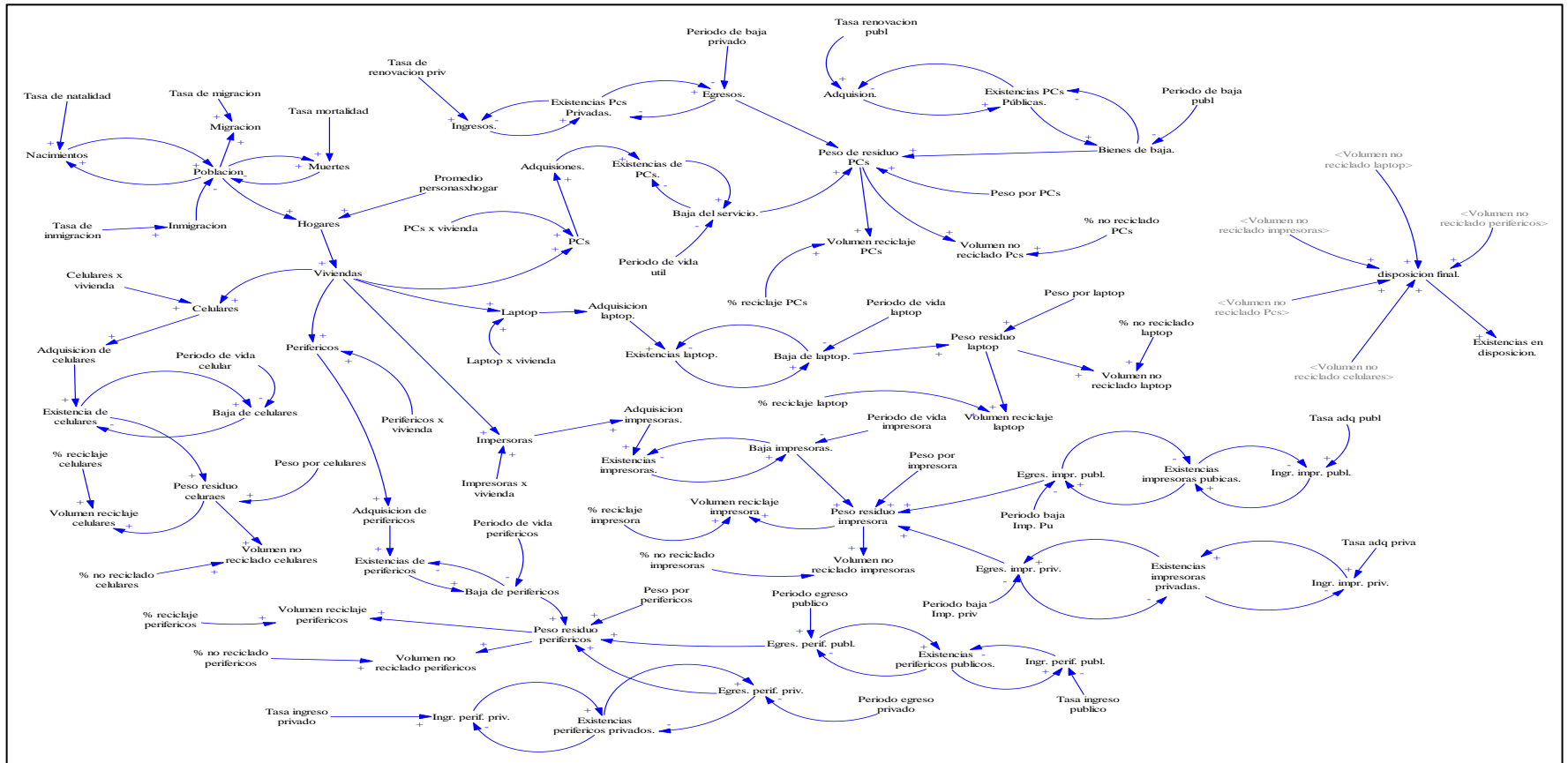


Figura N° 7: Diagrama causal del proceso de gestión de residuos sólidos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto.

Fuente: Elaboración propia simulador vensim

4.1.2. Diagrama de forrester del modelo propuesto

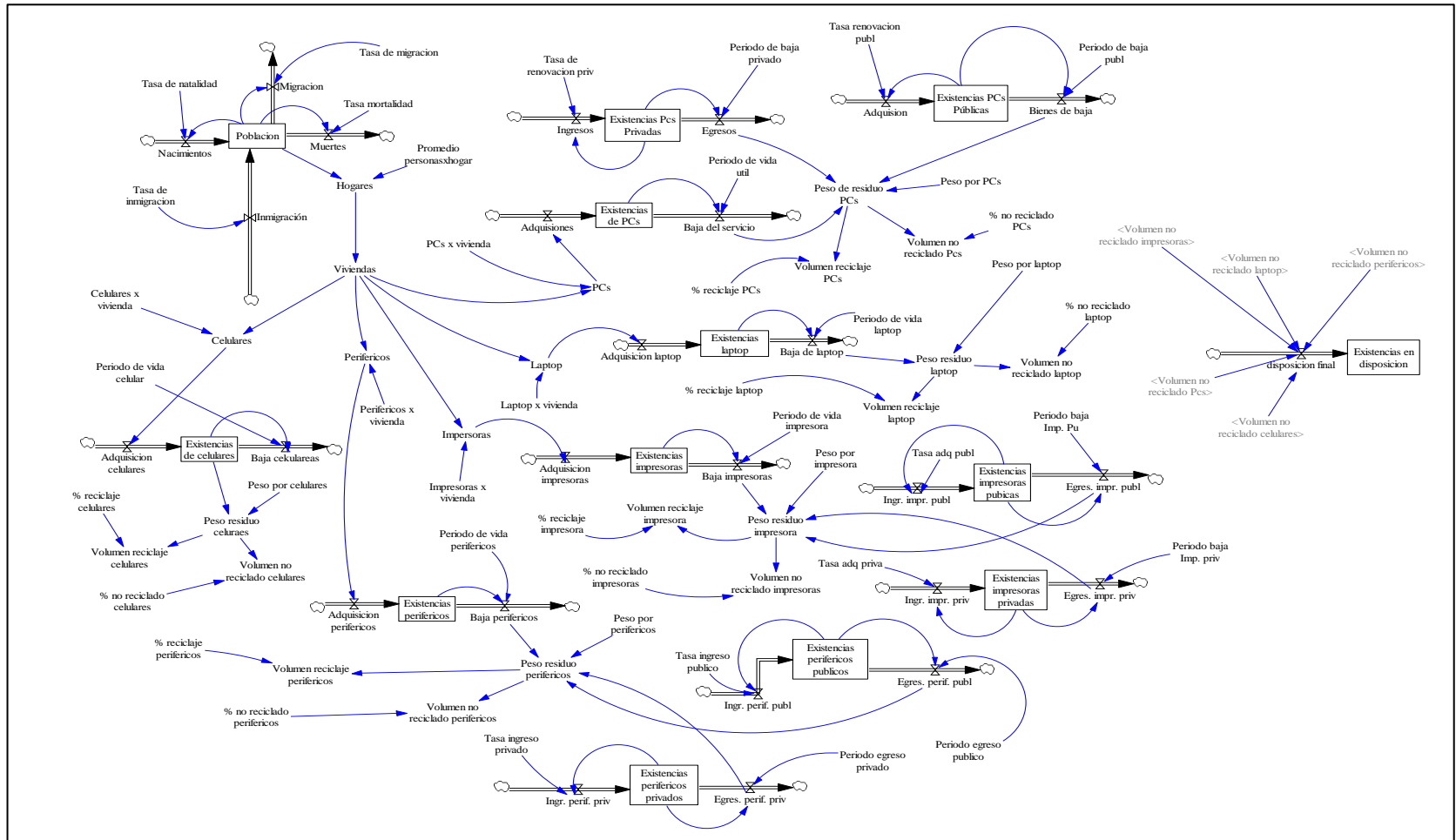


Figura N° 8: Diagrama de forrester del proceso de gestión de residuos sólidos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto.

Fuente: Elaboración propia simulador vensim



### 4.1.3. Fórmulas matemáticas del modelo propuesto

- (001) "% no reciclado celulares" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (002) "% no reciclado impresoras" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (003) "% no reciclado laptop" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (004) "% no reciclado PCs" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (005) "% no reciclado perifericos" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (006) "% reciclaje celulares" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (007) "% reciclaje impresora" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (008) "% reciclaje laptop" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (009) "% reciclaje PCs" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (010) "% reciclaje perifericos" = %\*Escenario/100  
Units: \*\*%peso/kg\*\*
- (011) Adquisicion celulares= Celulares  
Units: \*\*cantidad\*\*
- (012) Adquisicion impresoras= Impersoras  
Units: \*\* cantidad \*\*
- (013) Adquisicion laptop= Laptop  
Units: \*\* cantidad \*\*
- (014) Adquisicion perifericos= Perifericos  
Units: \*\* cantidad \*\*

- (015) Adquisicion= Existencias PCs Públicas\*Tasa renovacion publ  
Units: \*\* cantidad \*\*
- (016) Adquisiciones= PCs  
Units: \*\* cantidad \*\*
- (017) Baja celulares= Existencias de celulares/Periodo de vida celular  
Units: \*\*año\*\*
- (018) Baja de laptop= Existencias laptop/Periodo de vida laptop  
Units: \*\*año\*\*
- (019) Baja del servicio= Existencias de PCs/Periodo de vida util  
Units: \*\*año\*\*
- (020) Baja impresoras= Existencias impresoras/Periodo de vida impresora  
Units: \*\*año\*\*
- (021) Baja perifericos= Existencias perifericos/Periodo de vida perifericos  
Units: \*\*año\*\*
- (022) Bienes de baja= Existencias PCs Públicas/Periodo de baja publ  
Units: \*\*año\*\*
- (023) Celulares= Celulares x vivienda\*Viviendas  
Units: \*\*undefined\*\*
- (024) Celulares x vivienda=1  
Units: \*\*undefined\*\*
- (025) disposicion final= Volumen no reciclado periféricos + Volumen no reciclado celulares + Volumen no reciclado impresoras + Volumen no reciclado laptop + Volumen no reciclado Pcs  
Units: \*\*% toneladas\*\*
- (026) "Egres. impr. priv"= Existencias impresoras privadas/"Periodo baja Imp. priv"  
Units: \*\*cantidad\*año\*\*

- (027) "Egres. impr. publ"= Existencias impresoras publicas/"Periodo baja Imp. Pu"  
Units: \*\* cantidad\*año \*\*
- (028) "Egres. perif. priv"= Existencias perifericos privados/Periodo egreso privado  
Units: \*\* cantidad\*año \*\*
- (029) "Egres. perif. publ"= Existencias periféricos publicos/Periodo egreso publico  
Units: \*\* cantidad\*año \*\*
- (030) Egresos= Existencias Pcs Privadas/Periodo de baja privado  
Units: \*\* cantidad\*año \*\*
- (031) Existencias de celulares= INTEG (Adquisición celulares-Baja celulares, 11621)  
Units: N° de celulares acumulados
- (032) Existencias de PCs= INTEG (Adquisiciones-Baja del servicio, 27987.6)  
Units: \*\* N° de PCs acumulados \*\*
- (033) Existencias en disposición= INTEG (disposición final, 93556)  
Units: Toneladas
- (034) Existencias impresoras= INTEG (Adquisición impresoras-Baja impresoras, 8651)  
Units: N° de impresoras acumulados
- (035) Existencias impresoras privadas= INTEG ("Ingr. impr. priv"- "Egres. impr. priv", 180)  
Units: N° de impresoras acumulados privadas
- (036) Existencias impresoras publicas= INTEG ("Ingr. impr. publ"- "Egres. impr. publ", 642)  
Units: N° de impresoras acumulados publicas
- (037) Existencias laptop= INTEG (Adquisición laptop-Baja de laptop, 4072)  
Units: N° de laptos acumulados

- (038) Existencias Pcs Privadas= INTEG (Ingresos-Egresos, 1510 )  
Units: N° de PCs acumulados privadas
- (039) Existencias PCs Públicas= INTEG (Adquisicion-Bienes de baja, 1423)  
Units: N° de PCs acumulados públicos
- (040) Existencias periféricos= INTEG (Adquisición periféricos-Baja periféricos, 51909)  
Units: N° de periféricos acumulados
- (041) Existencias periféricos privados= INTEG ("Ingr. perif. priv"- "Egres. perif. priv", 1510)  
Units: N° de periféricos acumulados privadas
- (042) Existencias perifericos publicos= INTEG ("Ingr. perif. publ"- "Egres. perif. publ", 1423)  
Units: N° de perifericos acumulados publicos
- (043) FINAL TIME = 2050  
Units: Año
- (044) Hogares= Población/Promedio personasxhogar  
Units: \*\*undefined\*\*
- (045) Impresoras= Viviendas\*Impresoras x vivienda  
Units: \*\*undefined\*\*
- (046) Impresoras x vivienda= 1  
Units: \*\*undefined\*\*
- (047) "Ingr. impr. priv"= Existencias impresoras privadas\*Tasaadqpriva  
Units: \*\* cantidad%\*\*
- (048) "Ingr. impr. publ"= Existencias impresoras pubicas\*Tasa adqpubl  
Units: \*\*cantidad%\*\*
- (049) "Ingr. perif. priv"= Existencias perifericos privados\*Tasa ingreso privado  
Units: \*\* cantidad%\*\*

- (050) "Ingr. perif. publ"=Existencias perifericos publicos\*Tasa ingreso publico  
Units: \*\* cantidad%\*\*
- (051) Ingresos= Existencias Pcs Privadas\*Tasa de renovacion priv  
Units: \*\* cantidad%\*\*
- (052) INITIAL TIME= 2016  
Units: Año
- (053) Inmigración= Tasa de inmigracion  
Units: \*\*porcentaje \*\*
- (054) Laptop= Laptop x vivienda\*Viviendas  
Units: \*\*undefined\*\*
- (055) Laptop x vivienda= 1  
Units: \*\*undefined\*\*
- (056) Migracion= Población\*Tasa de migracion  
Units: \*\*undefined\*\*
- (057) Muertes= Población\*Tasa mortalidad  
Units: \*\*porcentual\*\*
- (058) Nacimientos= Poblacion\*Tasa de natalidad  
Units: \*\*undefined\*\*
- (059) PCs= PCs x vivienda\*Viviendas  
Units: \*\*porcentua\*\*
- (060) PCs x vivienda= 2  
Units: \*\*undefined\*\*
- (061) Perifericos= Viviendas\*Perifericos x vivienda  
Units: \*\*undefined\*\*
- (062) Perifericos x vivienda= 3  
Units: \*\*undefined\*\*
- (063) "Periodo baja Imp. priv"= 5  
Units: \*\*año\*\*

- (064) "Periodo baja Imp. Pu"= 10.2  
Units: \*\*año\*\*
- (065) Periodo de baja privado= 4.1  
Units: \*\*año\*\*
- (066) Periodo de baja publ= 10.1  
Units: \*\*año\*\*
- (067) Periodo de vida celular= 2  
Units: \*\*año\*\*
- (068) Periodo de vida impresora= 3  
Units: \*\*año\*\*
- (069) Periodo de vida laptop= 5  
Units: \*\*año\*\*
- (070) Periodo de vida perifericos= 3  
Units: \*\*año\*\*
- (071) Periodo de vida util= 7  
Units: \*\*año\*\*
- (072) Periodo egreso privado= 2  
Units: \*\*año\*\*
- (073) Periodo egreso publico= 3  
Units: \*\*año\*\*
- (074) Peso de residuo PCs= (Baja del servicio+Bienes de baja +  
Egresos)\*Peso por PCs  
Units: \*\*kilogramo\*\*
- (075) Peso por celulares= 0.1  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (076) Peso por impresora= 10  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (077) Peso por laptop= 3  
Units: \*\* kilogramo \*\*

- (078) Peso por PCs= 21  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (079) Peso por perifericos= 2  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (080) Peso residuo celuraes= Existencias de celulares\*Peso por celulares  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (081) Peso residuo impresora= (Peso por impresora+"Egres. impr. publ"+"Egres. impr. priv"+Peso por impresora)\*Baja impresoras  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (082) Peso residuo laptop= Peso por laptop\*Baja de laptop  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (083) Peso residuo perifericos= (Peso por perifericos+"Egres. perif. priv"+"Egres. perif. publ"+Peso por perifericos)\*Baja perifericos  
Units: \*\* kilogramo \*\*
- (084) Poblacion= INTEG (Inmigración+Nacimientos-Migracion Muertes, 67936)  
Units: \*\*entero\*\*
- (085) Promedio personasxhogar= 5  
Units: \*\*n° de perosnas\*\*
- (086) SAVEPER= TIME STEP  
Units: Año [0,?]
- (087) Tasa adq priva= 25/100  
Units: \*\*%año\*\*
- (088) Tasa adq publ= 10/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (089) Tasa de inmigracion= 8060  
Units: \*\*undefined\*\*
- (090) Tasa de migracion= 9/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (091) Tasa de natalidad= 1.15/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*

- (092) Tasa de renovacion priv= 25/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (093) Tasa ingreso privado= 70/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (094) Tasa ingreso publico= 50/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (095) Tasa mortalidad= 0.15/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (096) Tasa renovacion publ=  
10/100  
Units: \*\*%año\*\*\*\*
- (097) TIME STEP = 2  
Units: Año [0,?]
- (098) Viviendas= Hogares  
Units: \*\*undefined\*\*
- (099) Volumen no reciclado celulares= Peso residuo celulares\*\*% no  
reciclado celulares"/1000  
Units: Toneladas
- (100) Volumen no reciclado impresoras= Peso residuo impresora\*\*%  
no reciclado impresoras"/1000  
Units: Toneladas
- (101) Volumen no reciclado laptop= Peso residuo laptop\*\*% no  
reciclado laptop"/1000  
Units: Toneladas
- (102) Volumen no reciclado Pcs= Peso de residuo PCs\*\*% no  
reciclado PCs"  
Units: Toneladas
- (103) Volumen no reciclado perifericos= Peso residuo perifericos\*\*%  
no reciclado perifericos"/1000  
Units: Toneladas



- (104) Volumen reciclaje celulares= Peso residuo celuraes\*"% reciclaje celulares"  
Units: \*\* Toneladas \*\*
- (105) Volumen reciclaje impresora= Peso residuo impresora\*"% reciclaje impresora"  
Units: \*\* Toneladas \*\*
- (106) Volumen reciclaje laptop= Peso residuo laptop\*"% reciclaje laptop"  
Units: \*\* Toneladas \*\*
- (107) Volumen reciclaje PCs= Peso de residuo PCs\*"% reciclaje PCs"  
Units: \*\* Toneladas \*\*
- (108) Volumen reciclaje perifericos= Peso residuo perifericos\*"% reciclaje perifericos"  
Units: \*\* Toneladas \*\*.

El modelo se co-construyó con los Stakeholder involucrados en el sistema de gestión de residuos sólidos de la línea gris de la ciudad de Tarapoto.

## 4.2. Simulación del proceso

El proceso de gestión de los residuos electrónicos en la ciudad de Tarapoto se lleva a cabo bajo los siguientes procesos que en la actualidad se puede observar o notar que a continuación se detalla:

### 4.2.1. Proceso de recolección

El proceso de recolección inicia (**ver anexo N° 9**), con la distribución de las rutas por las cuales van a dirigirse los carros recolectores; la comuna provincial de San Martín tiene 7 carros recolectores o compactadoras en óptimas condiciones los cuales hacen el recorrido antes mencionado recolectando los residuos sólidos de la ciudad para su disposición final.

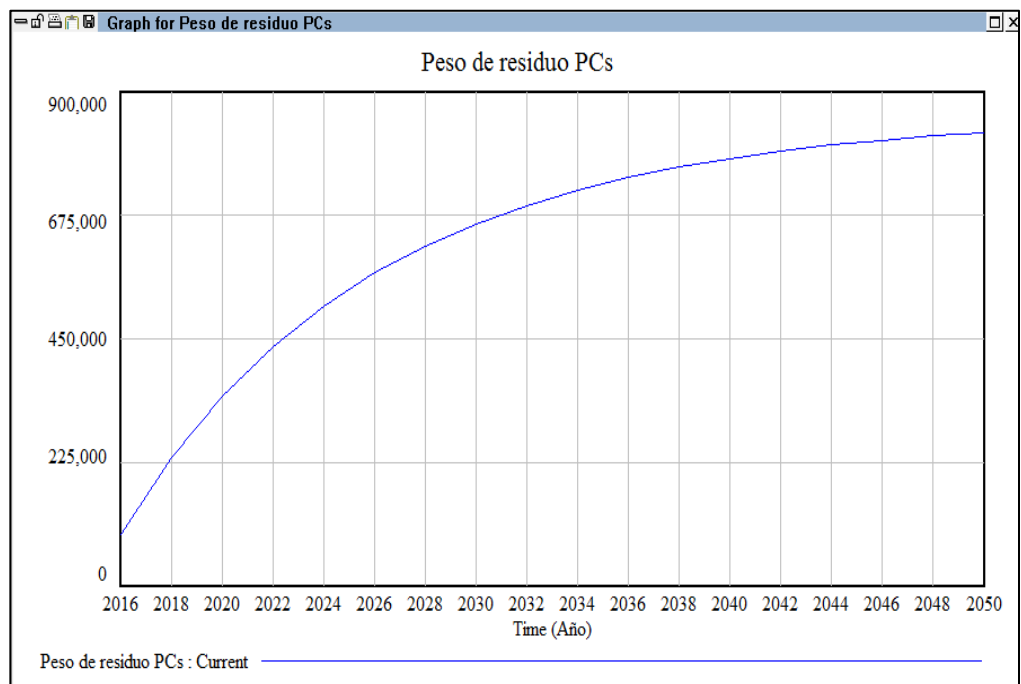
En la investigación se ha considerado solo los residuos sólidos electrónicos de la línea gris que son los siguientes: PCs (monitor y CPU), Laptop, Impresoras, Periféricos (mouse, teclado y parlantes) y celulares.

Los residuos electrónicos de la línea gris de los dispositivos antes mencionados se miden en kilogramos o toneladas. Los resultados de la simulación con un horizonte temporal del 2016 – 2050 se presentan a continuación en las tablas del N° 6 – N° 10.

**Tabla N° 6: Peso de residuo de PCs durante el periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Peso de residuo PCs"	Peso de residuo PCs
2016		94655.7
2018	Runs:	233813
2020	Current	345841
2022		436476
2024		510137
2026		570251
2028		619494
2030		659969
2032		693338
2034		720924
2036		743784
2038		762769
2040		778568
2042		791737
2044		802733
2046		811929
2048		819629
2050		826086

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



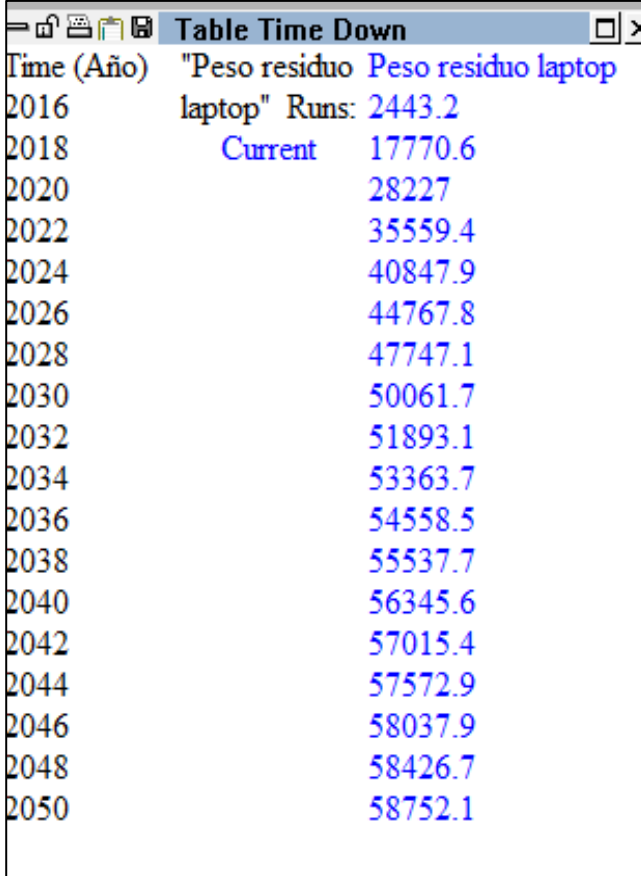
**Figura N° 9: Comportamiento del peso de residuo PCs, periodo 2016 - 2050.**

Fuente: Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 6.

### Interpretación:

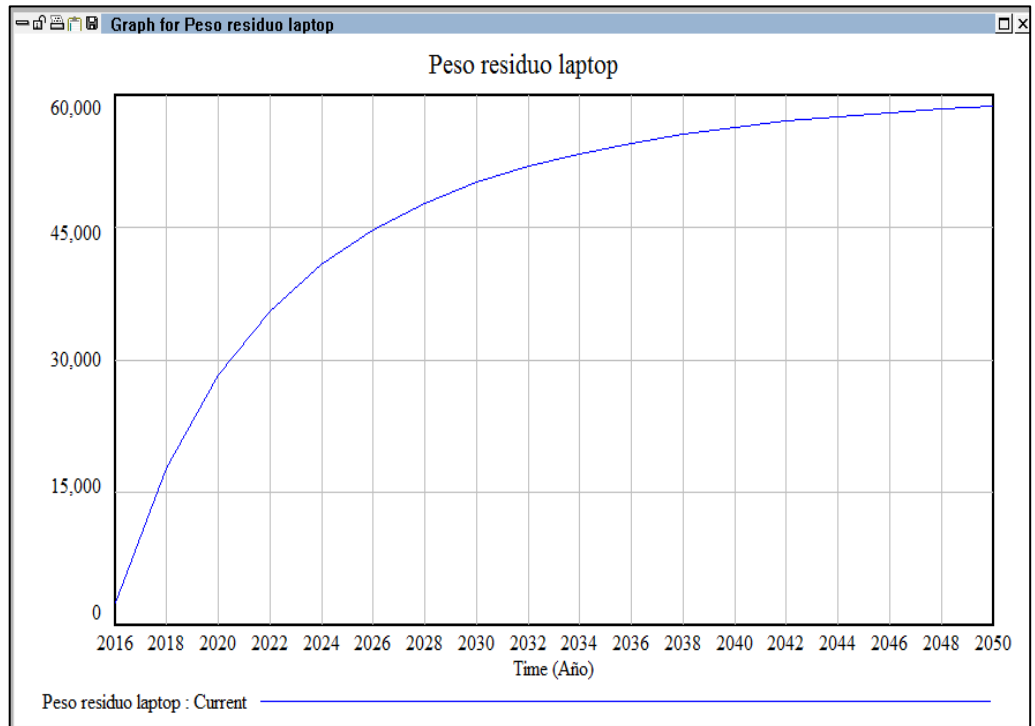
De la tabla N° 6 y de la figura N° 9, se observa un crecimiento exponencial en el periodo 2016 – 2050, con un intervalo de 2 años por periodo, esto se debe principalmente a que existe un crecimiento poblacional de la ciudad de Tarapoto, y esto también se suma los el periodo de vida útil de los equipos.

**Tabla N° 7: Peso de residuo de laptop durante el periodo 2016 - 2050.**



Time (Año)	"Peso residuo laptop" Runs:	Peso residuo laptop
2016	2443.2	
2018	Current	17770.6
2020		28227
2022		35559.4
2024		40847.9
2026		44767.8
2028		47747.1
2030		50061.7
2032		51893.1
2034		53363.7
2036		54558.5
2038		55537.7
2040		56345.6
2042		57015.4
2044		57572.9
2046		58037.9
2048		58426.7
2050		58752.1

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 10: Comportamiento del peso del residuo de laptop, periodo 2016 - 2050.**

**Fuente:** Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 7.

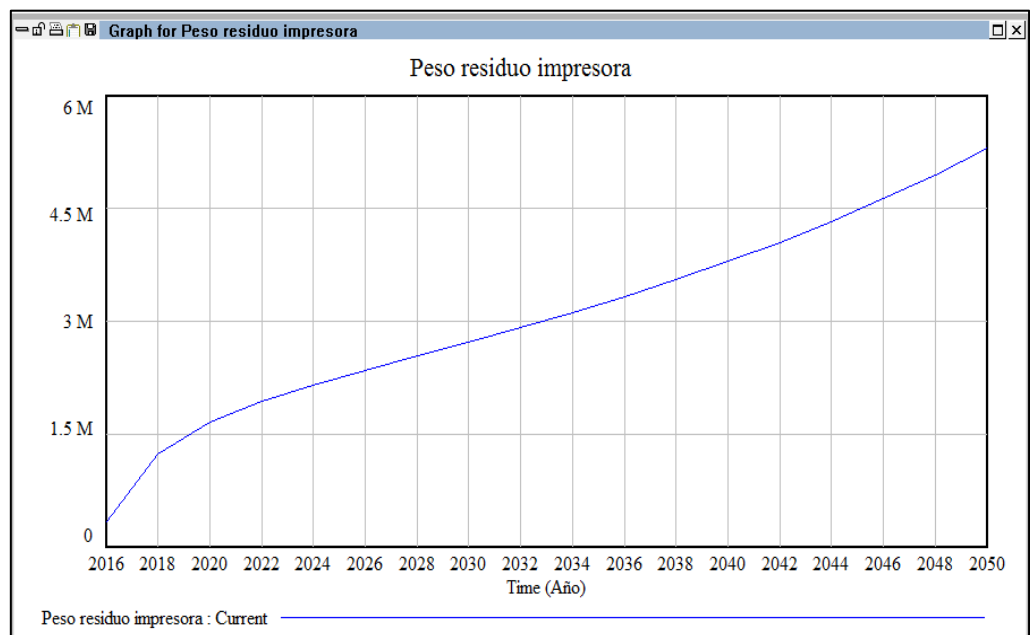
**Interpretación:**

De la tabla N° 7 y de la figura N° 10, el comportamiento del volumen del dispositivo (laptop) crece sosteniblemente llegando hasta el 2050, un total de 58,752.10 kilogramos en domicilios.

**Tabla N° 8: Peso de residuo de impresoras durante el periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Peso residuo impresora"	Peso residuo impresora
2016		342987
2018	Runs:	1.23026e+006
2020	Current	1.66338e+006
2022		1.93613e+006
2024		2.15132e+006
2026		2.34614e+006
2028		2.53512e+006
2030		2.72491e+006
2032		2.91935e+006
2034		3.12131e+006
2036		3.33327e+006
2038		3.55766e+006
2040		3.79685e+006
2042		4.0533e+006
2044		4.32957e+006
2046		4.62835e+006
2048		4.95249e+006
2050		5.30504e+006

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



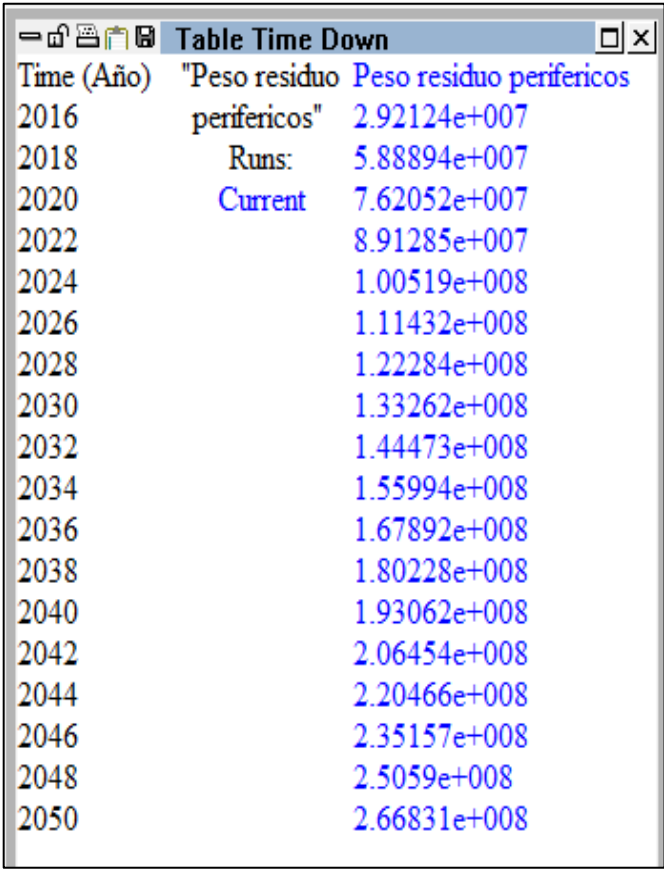
**Figura N°11: Comportamiento del peso de residuo de impresoras, periodo 2016 - 2050.**

Fuente: Resultado Obtenido de los datos de la tabla N° 8.

### Interpretación:

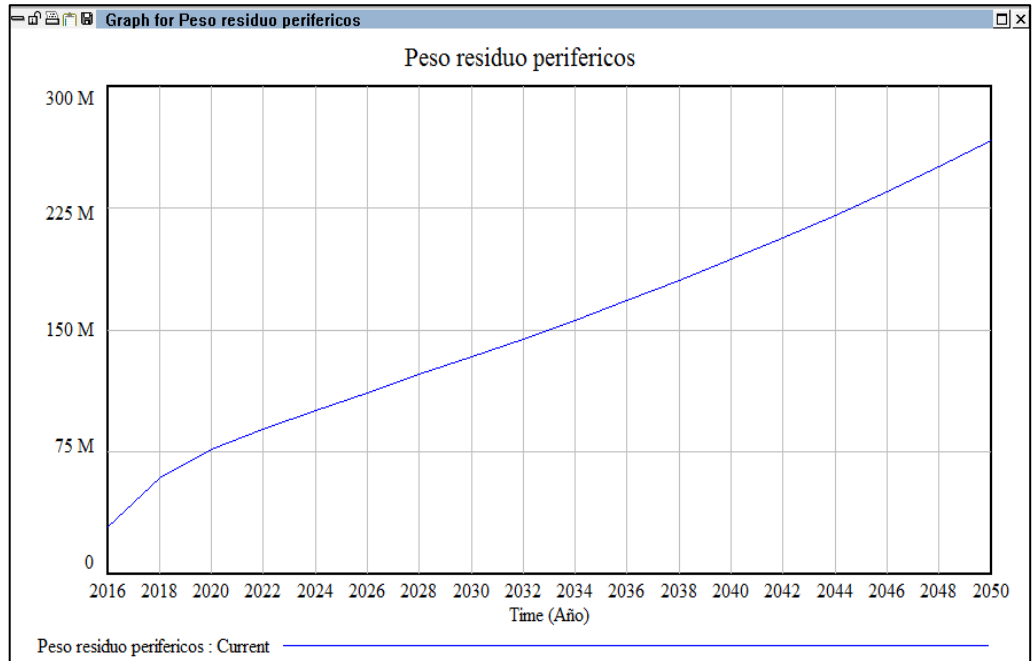
De la tabla N° 8 y de la figura N° 11, se observa un crecimiento sostenido de los residuos electrónicos de las impresoras proyectadas al 2050, alcanzando un total de 530,504.0000000 millones de kilogramos que se producen de la sumatoria de los domicilios, empresas privadas y empresas públicas.

**Tabla N° 9: Peso de residuo de periféricos durante el periodo 2016 - 2050.**



Time (Año)	"Peso residuo perifericos"	Peso residuo perifericos
2016		2.92124e+007
2018	Runs:	5.88894e+007
2020	Current	7.62052e+007
2022		8.91285e+007
2024		1.00519e+008
2026		1.11432e+008
2028		1.22284e+008
2030		1.33262e+008
2032		1.44473e+008
2034		1.55994e+008
2036		1.67892e+008
2038		1.80228e+008
2040		1.93062e+008
2042		2.06454e+008
2044		2.20466e+008
2046		2.35157e+008
2048		2.5059e+008
2050		2.66831e+008

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 12: Comportamiento del peso de residuos de los periféricos, periodo 2016 - 2050.**

**Fuente: Resultado Obtenido de los datos de la tabla N° 09.**

**Interpretación:**

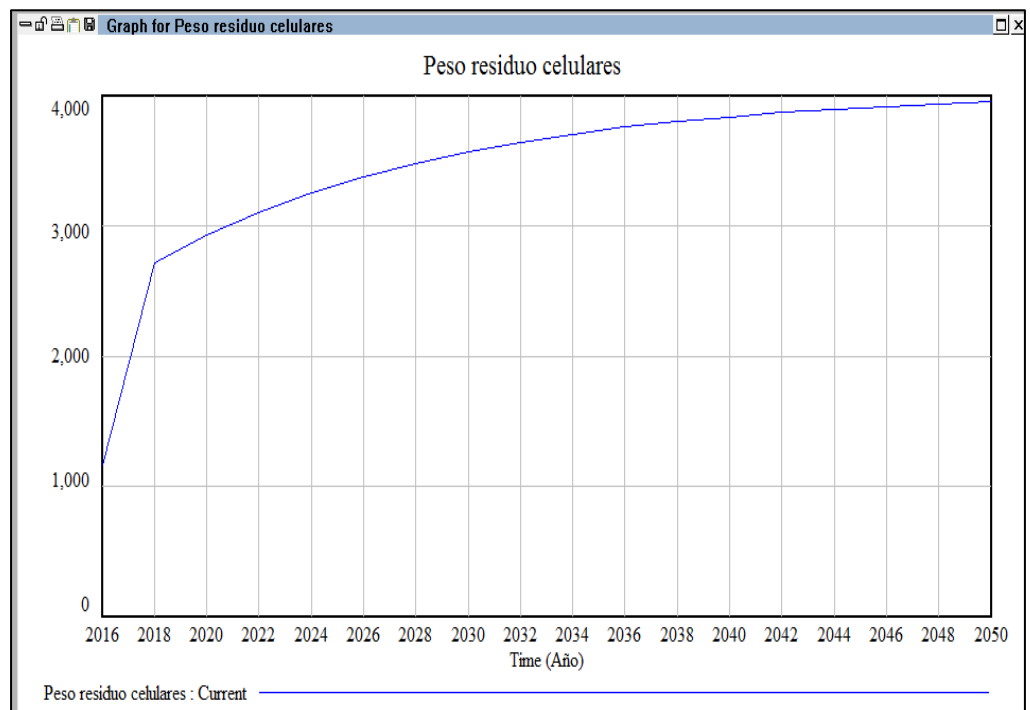
De la tabla N° 9 y de la figura N° 12, el volumen de residuos electrónicos de los periféricos (teclado, mouse y parlantes) que se producen hasta el periodo 2050, alcanzan un total de 266,831 millones de kilogramos debido a que estos dispositivos son los de mayor rotación en periodo de vida útil en las computadoras que se producen.



**Tabla N° 10: Peso de residuo de celulares durante el periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Peso residuo celulares"	Peso residuo celulares
2016		1162.1
2018	Runs:	2717.44
2020	Current	2927.45
2022		3103.86
2024		3252.04
2026		3376.51
2028		3481.07
2030		3568.9
2032		3642.68
2034		3704.65
2036		3756.7
2038		3800.43
2040		3837.16
2042		3868.02
2044		3893.93
2046		3915.7
2048		3933.99
2050		3949.35

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 13: Comportamiento del peso de residuo de los celulares, periodo 2016 - 2050.**

Fuente: Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 10.

**Interpretación:**

De la tabla N° 10 y de la figura N° 13, el volumen de residuos electrónicos producidos por los dispositivos de celulares de la ciudad de Tarapoto describe una función creciente llegando al 2050 a producir 3,949.35 mil kilogramos en domicilios.

**4.2.2. Proceso de selección**

En este proceso se empieza a separar la parte reciclado y no reciclado, la primera parte correspondiente a la parte reciclada disponen de su proceso las empresas, y personas que se dedican a este rubro.

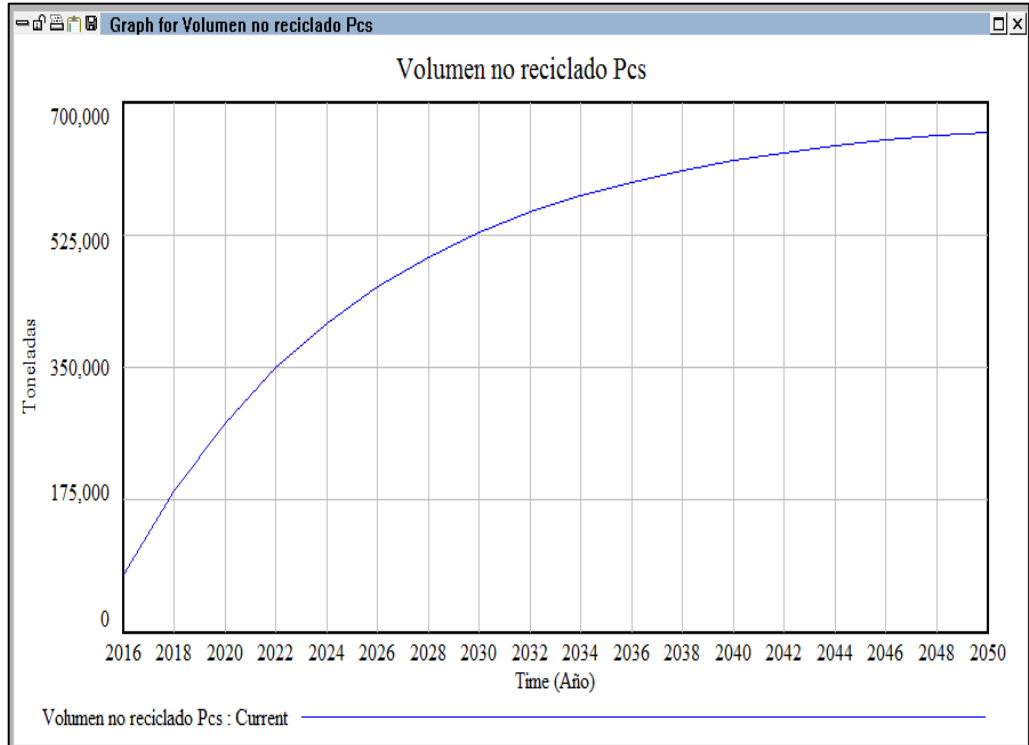
La segunda parte que es la parte que es el volumen de piezas que no se reciclan pasan a incorporarse a los demás residuos sólidos cuya disposición final se realiza en el botadero municipal.

A continuación se presenta los resultados obtenidos del proceso de simulación de los volúmenes en toneladas de las partes y piezas de los dispositivos o residuos electrónicos (PCs, laptop, impresoras, periféricos y celulares), durante el periodo 2016 – 2050.

**Tabla N° 11: Volumen no reciclado de PCs, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Volumen no reciclado Pcs"	Volumen no reciclado Pcs
2016		75724.5
2018	Runs:	187050
2020	Current	276673
2022		349181
2024		408109
2026		456201
2028		495595
2030		527975
2032		554671
2034		576739
2036		595027
2038		610216
2040		622854
2042		633390
2044		642187
2046		649543
2048		655703
2050		660869

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 14: Comportamiento del volumen no reciclado de PCs, periodo 2016 - 2050.**

Fuente: Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 11.

### Interpretación:

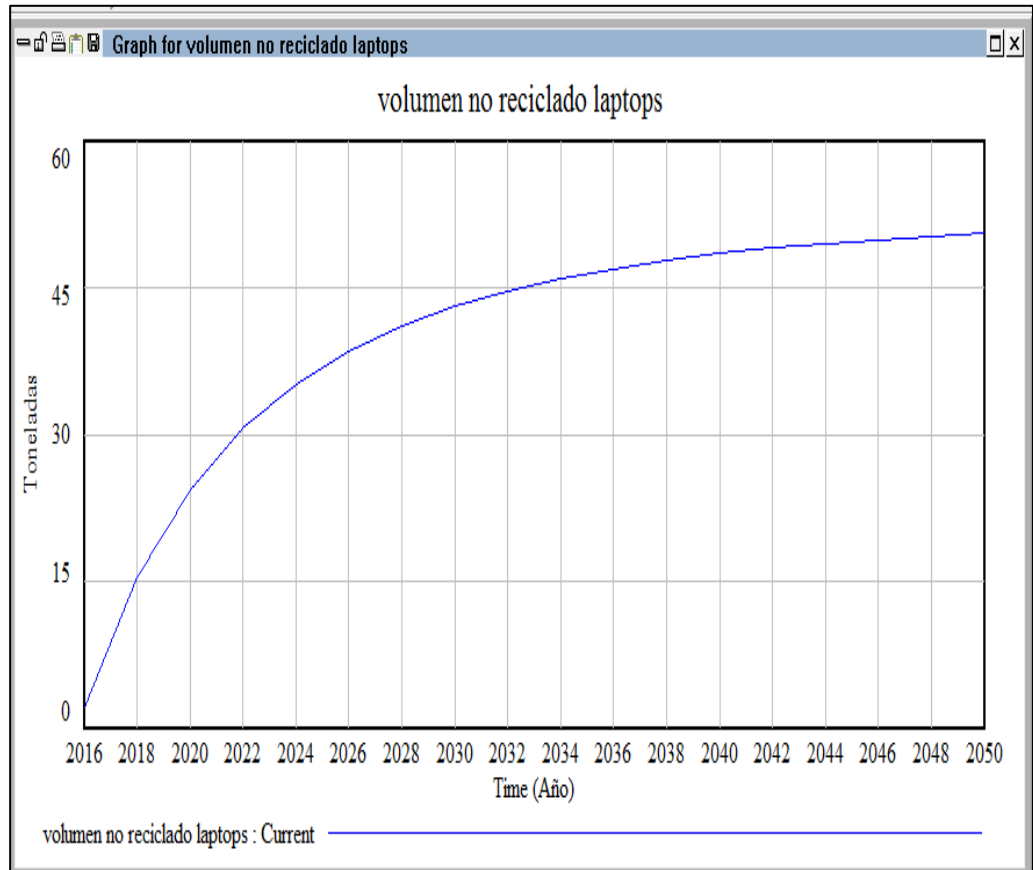
Según la tabla N° 11 y la figura N° 14, el crecimiento del volumen de partes y piezas no recicladas crece exponencialmente debido a que solo el 80 % del volumen total de una computadora (CPU y monitor), no se recicla y el 20 % se recicla que generalmente son materiales comerciables ante los recicladores (plásticos, oro y cobre).

**Tabla N° 12: Volumen no reciclado de laptops, periodo 2016 - 2050.**



Time (Año)	"volumen no reciclado laptops"	volumen no reciclado laptops
2016	reciclado	2.10115
2018	laptops"	15.2827
2020	Runs:	24.2752
2022	Current	30.5811
2024		35.1292
2026		38.5003
2028		41.0625
2030		43.053
2032		44.628
2034		45.8928
2036		46.9203
2038		47.7624
2040		48.4572
2042		49.0333
2044		49.5127
2046		49.9126
2048		50.247
2050		50.5268

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 15: Comportamiento del volumen no reciclado de laptops, periodo 2016 - 2050.**

**Fuente:** Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 12.

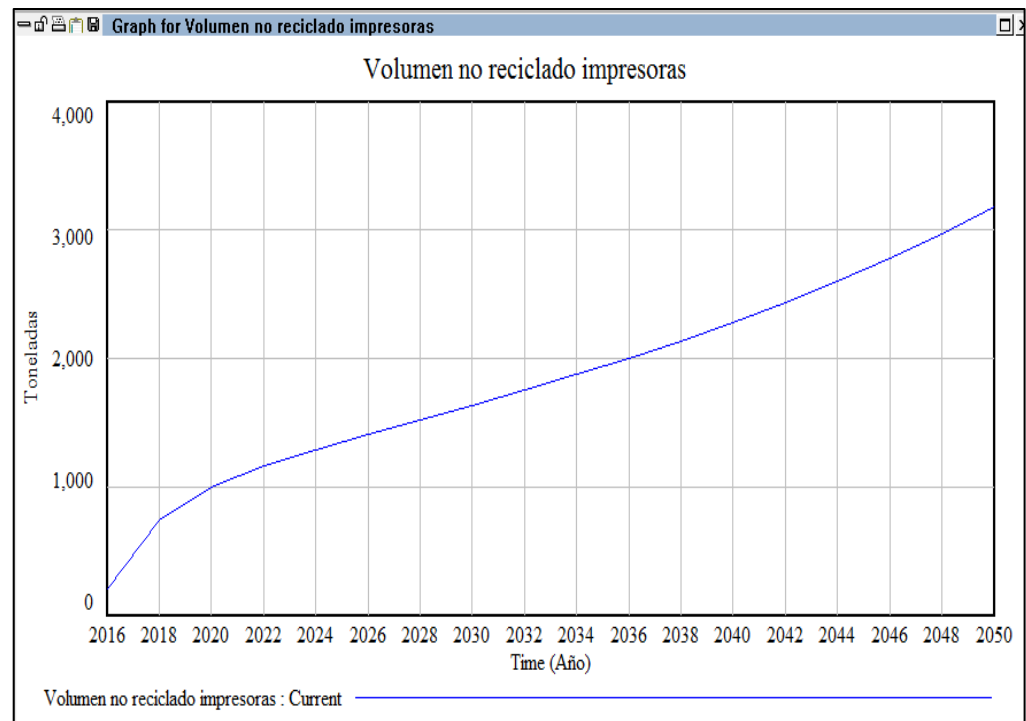
**Interpretación:**

De la tabla N° 12 y la figura N° 15, observamos que los resultados obtenidos del crecimiento se da en una función exponencial debido a que el 86% del volumen total de la laptop no se recicla con la actual tecnología y el 14% restante si es reciclado.

**Tabla N° 13: Volumen no reciclado de impresoras, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Volumen no reciclado impresoras"	Volumen no reciclado impresoras
2016	reciclado	205.792
2018	impresoras"	738.154
2020	Runs:	998.031
2022	Current	1161.68
2024		1290.79
2026		1407.68
2028		1521.07
2030		1634.95
2032		1751.61
2034		1872.78
2036		1999.96
2038		2134.59
2040		2278.11
2042		2431.98
2044		2597.74
2046		2777.01
2048		2971.49
2050		3183.02

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 16: Comportamiento del volumen no reciclado de impresoras, periodo 2016 - 2050.**

Fuente: Resultado Obtenido de los datos de la tabla N° 13.

### Interpretación:

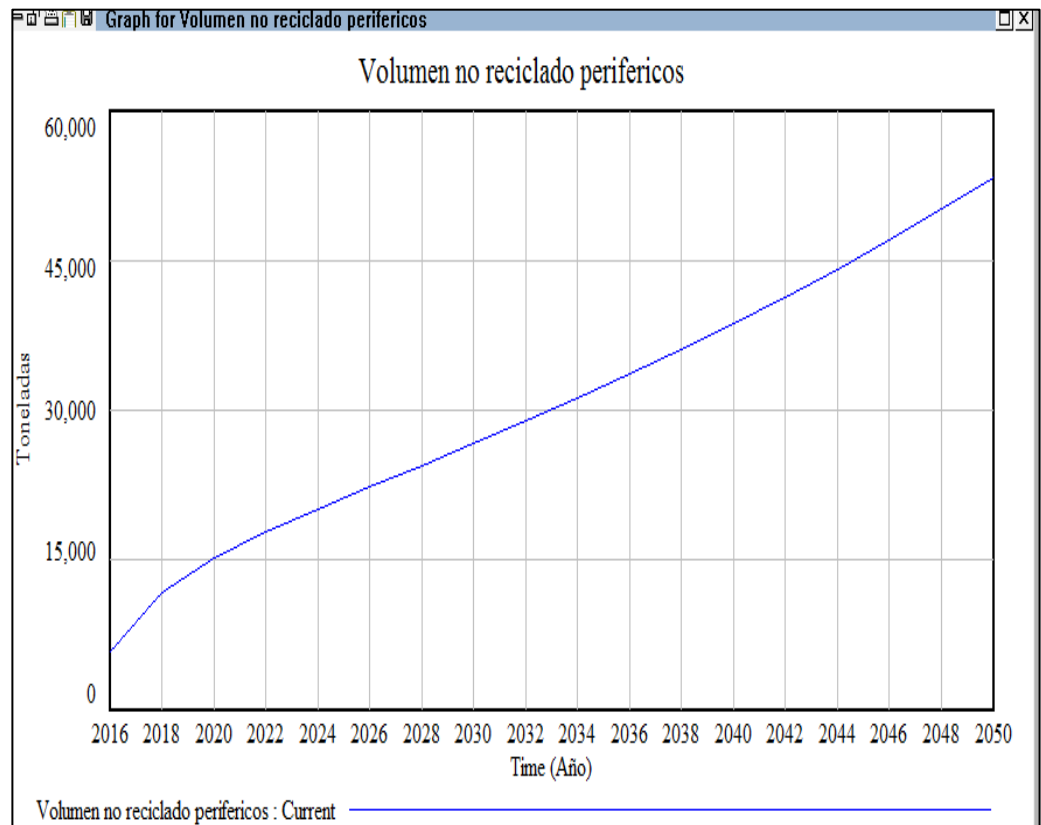
De la tabla N° 13 y la figura N° 16, los resultados obtenidos se observan un crecimiento no lineal en algunos tramos debido principalmente a que se genera grandes volúmenes de partes y piezas no recicladas que es igual al 60% del total de la impresora y el 40% restante se recicla.

Esto también se ve influenciado por el periodo de vida útil de las impresoras que varía en promedio en 3 años técnicamente pero en las condiciones socio – culturales de nuestro país esto se ve incrementando; sumándose además los nuevos modelos de negocio donde vemos organizaciones que comparten las impresoras (print server).

**Tabla N° 14: Volumen no reciclado de periféricos, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Volumen no reciclado periféricos"	Volumen no reciclado periféricos
2016	reciclado	5842.48
2018	periféricos"	11777.9
2020	Runs:	15241
2022	Current	17825.7
2024		20103.8
2026		22286.5
2028		24456.8
2030		26652.3
2032		28894.5
2034		31198.8
2036		33578.4
2038		36045.6
2040		38612.4
2042		41290.9
2044		44093.1
2046		47031.3
2048		50118.1
2050		53366.2

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 17: Comportamiento del volumen no reciclado de periféricos, periodo 2016 - 2050.**

**Fuente: Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 17.**

#### **Interpretación:**

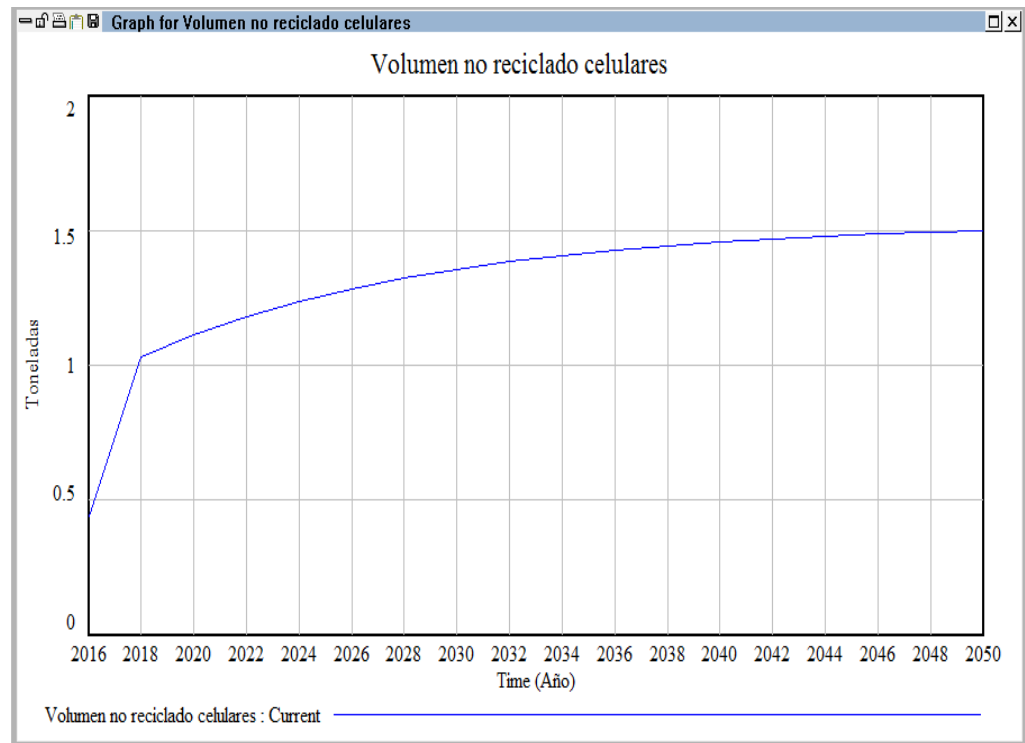
De la tabla N° 14 y la figura N° 17, obtenemos una función creciente en volumen pequeño debido a que solo el 20 % del total de los periféricos no se recicla y el 80 % es reciclable debido a que su estructura principal es de plásticos.



**Tabla N° 15: Volumen no reciclado de celulares, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Volumen no reciclado celulares"	Volumen no reciclado celulares
2016	reciclado	0.441598
2018	celulares"	1.03263
2020	Runs:	1.11243
2022	Current	1.17947
2024		1.23578
2026		1.28308
2028		1.32281
2030		1.35618
2032		1.38422
2034		1.40777
2036		1.42755
2038		1.44416
2040		1.45812
2042		1.46985
2044		1.47969
2046		1.48797
2048		1.49492
2050		1.50075

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 18: Comportamiento del volumen no reciclado de celulares, periodo 2016 - 2050.**

Fuente: Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 15.

### Interpretación:

De la tabla y la figura obtenemos que existe un crecimiento sostenido no muy significativo ya que el volumen total en promedio es de 100 gramos y su contribución es menor a con los demás dispositivos, sin embargo el 38% no se recicla lo cual va incrementando el volumen del grafico en las actuales condiciones técnicas.

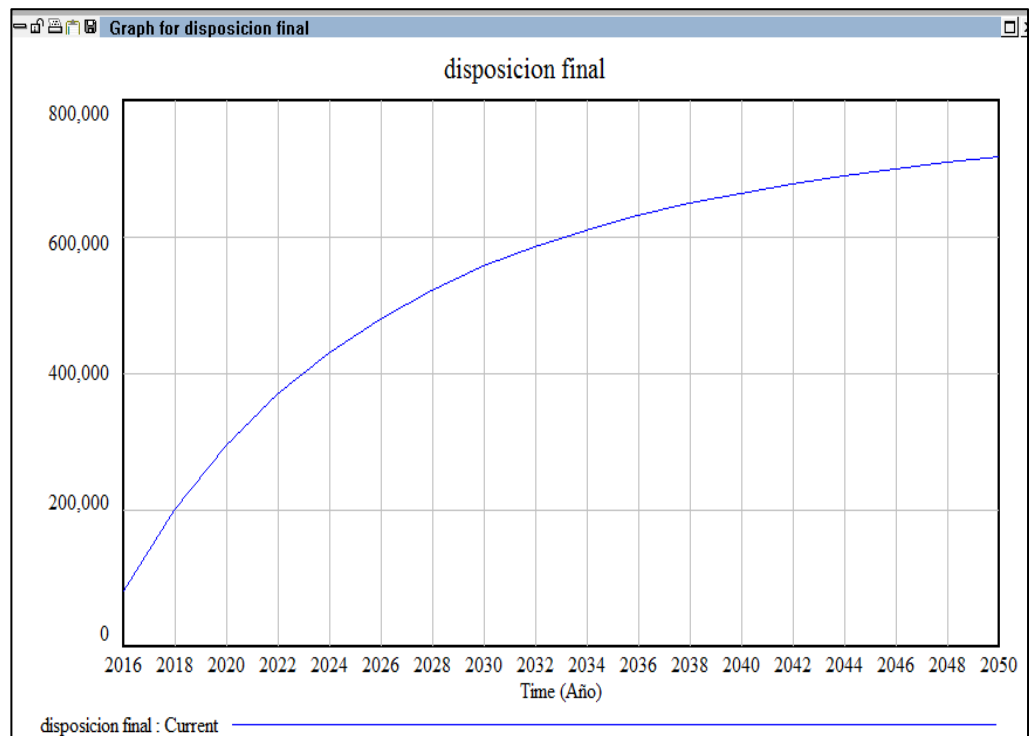
#### 4.2.3. Proceso de disposición final

Este proceso de disposición final, proceso en el cual se almacena todo los residuos sólidos electrónicos de la línea gris en el botadero municipal que se encuentra a tantos kilómetros de la ciudad de yacutatina y esto cada vez se ve incrementado diariamente hasta que llegue su proceso de colmatación.

**Tabla N° 16: Volumen de disposición final, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"disposicion final" Runs:	disposicion final
2016	81775.3	
2018	Current	199583
2020		292937
2022		368200
2024		429540
2026		479935
2028		521615
2030		556307
2032		585363
2034		609858
2036		630654
2038		648445
2040		663795
2042		677163
2044		688929
2046		699403
2048		708844
2050		717470

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 19: Comportamiento de la disposición final, periodo 2016 - 2050.**

**Fuente: Resultado obtenido de los datos de la tabla N° 16.**

### **Interpretación:**

De la tabla y la figura se observa que existe un crecimiento exponencial en el volumen de partes y piezas no recicladas debido a que no se ha implementado tecnología adecuada para estos trabajos, en la entidad pública responsable o también la empresa pública no cuentan con tecnología adecuada para este procesamiento lo cual trae como consecuencia el incremento de los desperdicios en el botadero municipal.

### 4.3. Análisis de escenarios

#### 4.3.1. Escenario positivo

**Tabla N° 17: % de reciclaje y no reciclado para escenarios positivo utilizando según plataforma medioambiental recicla y modelo (ver anexo 07).**

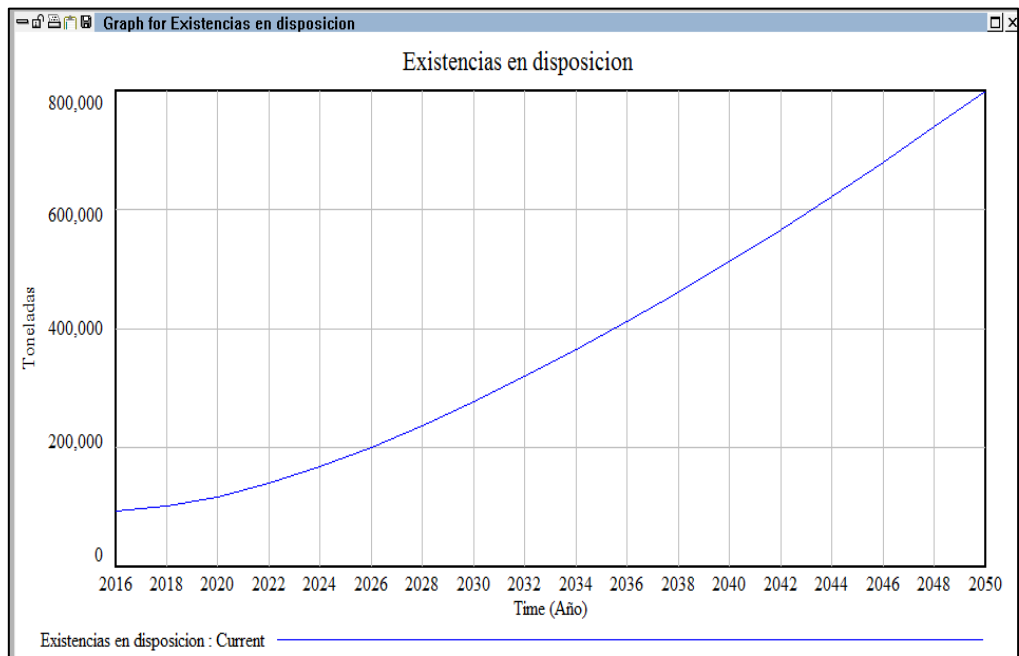
Tipos de residuos electrónicos de la línea gris	% Reciclaje	% No reciclado
PCs	97,8	2,2
Laptops	97,8	2,2
Impresoras	91,1	0,89
Periféricos	95	5
Celulares	92,5	7,5

**Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del escenario positivo.**

**Tabla N° 18: Existencias en disposición generados del volumen no reciclado de los tipos de residuos de la línea gris, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Existencias en disposición"	Existencias en disposición
2016	en	93556
2018	disposicion"	100650
2020	Runs:	116854
2022	Current	139726
2024		167885
2026		200428
2028		236711
2030		276249
2032		318670
2034		363684
2036		411068
2038		460651
2040		512307
2042		565946
2044		621508
2046		678960
2048		738292
2050		799511

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 20: Comportamiento del volumen no reciclado de las Existencias en disposición, generados de los tipos de residuos electrónicos de la línea gris periodo 2016 – 2050 (escenario positivo).**

Fuente: resultado obtenido de los datos de la tabla N° 18.

#### 4.3.2. Escenario intermedio

**Tabla N° 19: % de reciclaje y no reciclado para escenario Intermedio o condiciones normales (solo Plásticos, oro y cobre).**

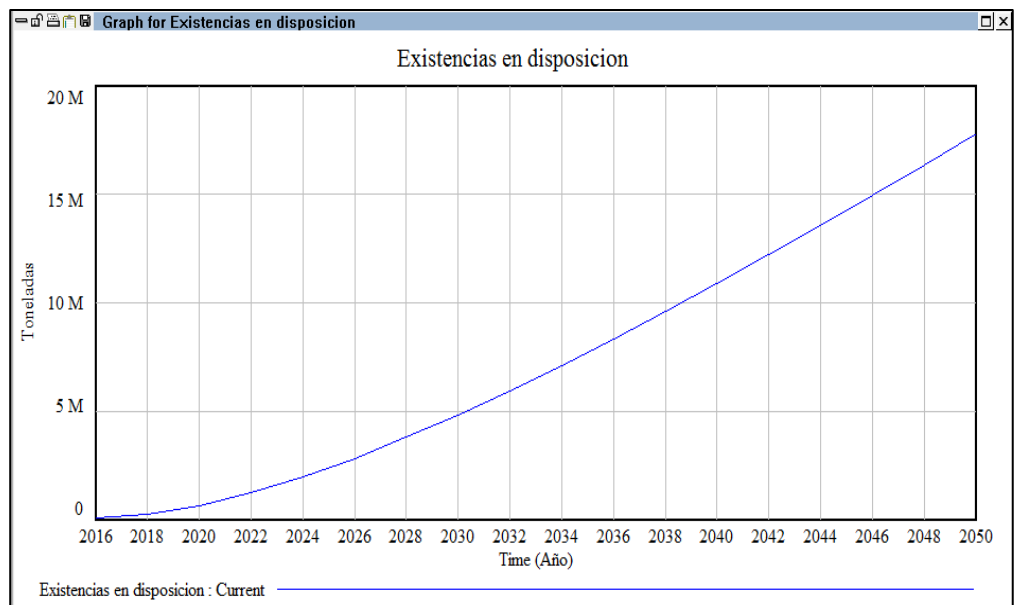
Tipos de residuos electrónicos de la línea gris	% Reciclaje	% No reciclado
PCs	20	80
Laptops	14	86
Impresoras	40	60
Periféricos	80	20
Celulares	62	38

**Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos del escenario intermedio.**

**Tabla N° 20: Existencias en disposición generados del volumen no reciclado de los tipos de residuos de la línea gris, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	"Existencias en disposición"	Existencias en disposición
2016	en	93556
2018	disposicion"	257115
2020	Runs:	656299
2022	Current	1.24219e+006
2024		1.97861e+006
2026		2.83772e+006
2028		3.79761e+006
2030		4.84086e+006
2032		5.9535e+006
2034		7.12425e+006
2036		8.34399e+006
2038		9.60533e+006
2040		1.09022e+007
2042		1.22299e+007
2044		1.35842e+007
2046		1.49621e+007
2048		1.63609e+007
2050		1.77786e+007

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim



**Figura N° 21: Comportamiento del volumen no reciclado de las Existencias en disposición, generados de los tipos de residuos electrónicos de la línea gris periodo 2016 – 2050 (escenario intermedio).**

Fuente: resultado obtenido de los datos de la tabla N° 20.

### 4.3.3. Escenario negativo

**Tabla N° 21: % de reciclaje y no reciclado para escenario Negativo según recicladores informales (solo Plástico).**

Tipos de residuos electrónicos de la línea gris	% Reciclaje	% No reciclado
PCs	10	90
Laptops	10	90
Impresoras	10	90
Periféricos	10	90
Celulares	10	90

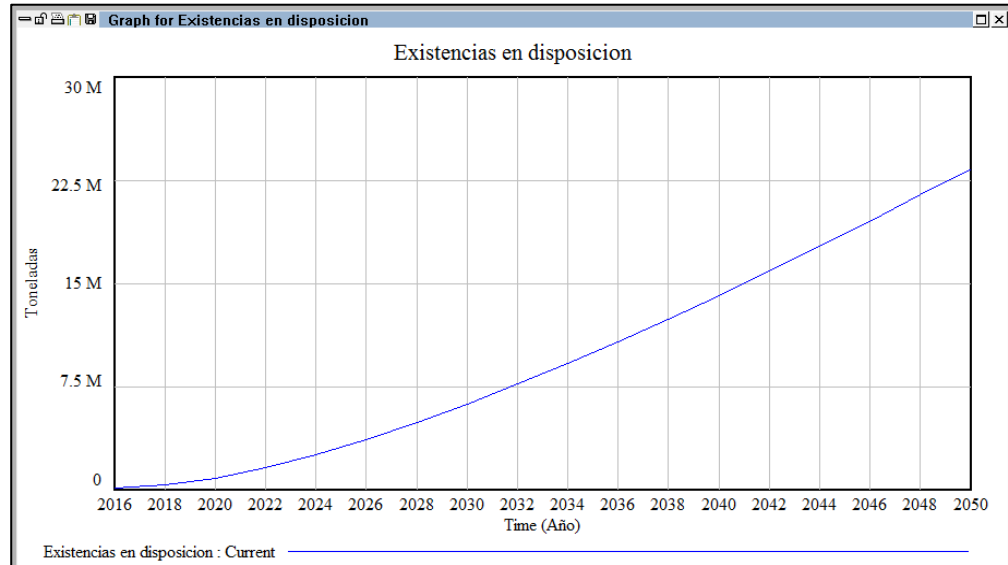
Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos del escenario negativo.

**Tabla N° 22: Existencias en disposición generados del volumen no reciclado de los tipos de residuos de la línea gris, periodo 2016 - 2050.**

Time (Año)	Existencias en disposicion"	Existencias en disposicion
2016	en	93556
2018	disposicion"	317161
2020	Runs:	846321
2022	Current	1.6091e+006
2024		2.5588e+006
2026		3.66198e+006
2028		4.89337e+006
2030		6.23329e+006
2032		7.66616e+006
2034		9.17963e+006
2036		1.07639e+007
2038		1.2411e+007
2040		1.4115e+007
2042		1.5871e+007
2044		1.76752e+007
2046		1.95249e+007
2048		2.14182e+007
2050		2.33536e+007

Fuente: Datos obtenidos del simulador vensim





**Figura N° 22: Comportamiento del volumen no reciclado de las Existencias en disposición, generados de los tipos de residuos electrónicos de la línea gris periodo 2016 – 2050 (escenario negativo).**

Fuente: resultado obtenido de los datos de la tabla N° 22.

#### Interpretación:

De las tablas N° 17, 18, 19, 20, 21 y 22 y figuras N° 20, 21 y 22 observamos que en los tres escenarios existen un crecimiento del volumen de desperdicios de la línea gris sostenido, pero la diferencia radica en la cantidad de ese volumen; en las condiciones de intermedio (actuales). Si nos proyectamos al 2050 el volumen del desperdicio acumulado en el botadero municipal de la provincia de San Martín es aproximadamente de 17 millones de toneladas acumuladas. Bajo un escenario negativo nuestras existencias acumuladas en botadero municipal ascenderían a unos 23 millones, es decir no reciclando en un 90% y el escenario positivo 8 cientos mil toneladas acumuladas al 2050; es decir utilizando tecnologías adecuadas con procesos innovadores que disminuyan los volúmenes generados de desperdicios de la línea gris.

## V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Según ISDEFE (2008) El análisis del sistema a través de un modelo implica que la representación del sistema que constituye el modelo ha de ser una representación manipulable numéricamente. En concordancia con esta teoría se comparó y teniendo como base al PIGARS de la municipalidad provincial de San Martín, se procedió hacer el análisis de los actores del sistema para lo cual se encuestó a las empresas públicas, empresas privadas y se utilizó información oficial del INEI según censo 2007, con lo cual se construyó el modelo conceptual, el modelo matemático del sistema de gestión de residuos electrónicos de la línea gris que es la propuesta de la presente tesis.

Según Martínez y Requena (1988) dinámica de sistemas es una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas y su comportamiento a través del tiempo con tal de que tenga características de existencias, de retardos y bucles de realimentación. Como se plantea en la metodología de dinámica de sistemas resultado del cual se comparó y se elaboraron los modelos conceptual, matemático y el modelo de influencias de Forrester para su posterior simulación a través de la computadora obteniéndose el resultado del proceso de simulación de la gestión de residuos sólidos electrónicos de la línea gris de la situación actual (recolección, selección y disposición final).

Según Valeiras y Godoy (2007) en su trabajo concluyen que la simulación contiene elementos predefinidos mediante bases de datos, con el fin de tomar en cuenta diferentes patrones de consumo de la población y de gestión de residuos y para facilitar su uso prepararon casos de diferente nivel de complejidad, resultado con la cual se comparó que la simulación en condiciones intermedio (actuales) el volumen de residuos que están en su disposición final "botadero municipal" asciende a 81,775.3 toneladas, quiere decir que bajo los parámetros actuales de % de no reciclaje de: 80% de las PCs, 86% de las laptop, 60% de las impresoras, 20% de los periféricos y

38% de celulares; obtendremos un volumen de residuos electrónicos al 2050 en 714,399.00 mil toneladas de residuos para su disposición final.

Según Good & Colum (2015) y Hoyos (2011) de su tesis de maestría con su modelo (**ver anexo N° 7**) desarrolla y simula un modelo con viabilidad técnica y financiera de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia basados en las diferentes tecnologías disponibles, resultado del cual se comparó y se planteó el escenario positivo (optimista) con los siguientes parámetros de no reciclaje del: 2, 2% de las PCs; 2,2% de las laptop; 0,89% de las impresoras; 5% de los periféricos y 7,5% de los celulares, obtendremos un volumen de residuos electrónicos al 2050 en 31,619.30 mil toneladas de residuos para su disposición final.

Según Promoción del Desarrollo Sostenible-IPES en el estudio “Diagnostico del manejo de los de aparatos eléctricos y electrónicos en Arequipa” realizado el 2011 se pronosticó el crecimiento del mercado de productos electrónicos haciendo un crecimiento de 26 veces en volumen, resultado del cual se comparó se planteó el escenario negativo (pesimista) con los parámetros de no reciclaje del: 90% para las PCs; 90% de las laptop; 90% de las impresoras; 90% de los periféricos 90 y 90% de los celulares obtendremos un volumen de residuos electrónicos de la línea gris al 2050 será de 987,159.00 mil toneladas de residuos para su disposición final.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el simulador de los acumulados de existencias de residuos electrónicos de la línea gris por escenario proyectados al 2050 son los siguientes:

- Escenario positivo : 799,511.00 mil toneladas.
- Escenario intermedio : 1.777,86 millón de toneladas.
- Escenario negativo : 2.335,36 millón de toneladas.

:

# CAPÍTULO IV

## VI. CONCLUSIONES

Se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Del proceso investigativo con referencia al diagnóstico de los datos históricos de la producción de los residuos de la línea gris no se encontraron como tal, procediendo a deducir esta información de los datos del censo de hogares y viviendas del 2017 realizados por el INEI además del trabajo de campo realizado en la organizaciones públicas y privadas, logrando en su conjunto obtener los datos necesarios.
2. Se construyó los modelos para el proceso de simulación siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas, en la fase de conceptualización se hizo el estudio de arte de la problemática de los residuos electrónicos a nivel internacional, nacional y local, así como también revisiones bibliográficas de algunos estudios realizados y la entrevista a los actores involucrados, y opinión de expertos, obteniéndose el modelo conceptual; en la fase de formulación se establece el diagrama de forrester y se asignan los valores a los parámetros obteniéndose el modelo matemático; y en la fase de evaluación se realiza el análisis de sensibilidad con la prueba del modelo bajo supuestos con el uso de los datos históricos.
3. Se obtuvieron los resultados por cada escenario establecido: escenario positivo, negativo e intermedio de la proyección al 2050 de los posibles volúmenes de residuos sólidos que se producirán y se llevaran a disposición final al botadero municipal de la provincia de San Martín.
4. En el escenario positivo el volumen que se producirá es menos en comparación con el escenario negativo debido a que existe un alto porcentaje de reciclaje lo que conlleva a menor contaminación del medio ambiente y la salud del ser humano, en el escenario negativo el volumen es mayor llevando más a delante a grandes contaminaciones ambientales y en las condiciones actuales en volumen es exponencial que necesitan ser

tomados en consideración.

5. Con el uso de los modelos se logra obtener datos proyectados que servirán para la planificación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris.
6. Con el uso de esta herramienta es totalmente factible hacer el análisis y síntesis de un problema del mundo real como el investigador se propuso en la presente investigación.

## VII. RECOMENDACIONES

Finalmente se propone las recomendaciones siguientes:

1. Proponer el desarrollo de investigaciones que usen o que apliquen las metodologías y herramientas de simulación para aprovechar la ventaja técnica y económica que nos facilitan las herramientas antes mencionadas.
2. Replicar esta investigación bajo diferentes escenarios para efectos de una mayor generalización y confiabilidad de sus resultados y conclusiones.
3. La institución rectora de la gestión de los residuos sólidos para la ciudad de Tarapoto “Municipalidad Provincial de San Martín” debe implementar el presente modelo como herramienta de gestión para planificar la gestión de los residuos sólidos electrónicos para su botadero municipal.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilera Benavente, F. M. (2010). *Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano*, p.496.
2. Aracil, J. y Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid, España, Editorial Alianza, ISBN: 84-206-8168-7.
3. Área Metropolitana del Valle Aburra (2004). *Manual de Residuos Sólidos*. Del País de la república de Colombia. Recuperado de: [http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.metropol.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual_Residuos_Solidos.pdf)
4. Asociación española para la calidad (2005). *Gestión por procesos*. Recuperado de: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-por-procesos>
5. Castle, C.J.E. y Crooks, A.T. (2010). *Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations*, CASA Working Papers Series, p.110.
6. Congreso de la Republica (2009). *Ley de Reciclador N° 2819/2008-CR*. Recuperado de: <http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/ApoyComisiones/dictamen20062011.nsf/dictamenes/C04755DFE851FC50052575AD0052D7FF>
7. Del Val Rodríguez, A. (1998). *El libro del Reciclaje*. 3ra edición.
8. Gobierno de Chile Conama (2005). *Diagnostico Producción, Importación y Distribución de Productos Electrónicos y Manejo de los Equipos fuera de Uso*. De CV Medio Ambiente. Recuperado de: [http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497\\_Diagnostico\\_de Equipos\\_de Informatica\\_Celulares\\_2009.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_Diagnostico_de Equipos_de Informatica_Celulares_2009.pdf)



9. Good & Colum (2015). *¿Qué pasa con la basura tecnológica que se recicla?* De Relac, Greenpeace – iniciativa RAEE. Recuperado de: <http://latribuna.cl/noticia.php?id=MTY3Nw>
10. Henry, J.G. y Heinke, G.W. (1999). Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 2da Edición.
11. Hidalgo Aguilera, L. (2009). *La basura Electrónica y la Contaminación ambiental*. Quito, Ecuador.
12. Hidalgo Aguilera, L. (2009, 15 de mayo). *La Basura Electrónica y la Contaminación Ambiental*. De Universidad Tecnológica Equinoccia del Ecuador. Recuperado de: <http://www.ute.edu.ec/fci/Hidalgo.pdf>
13. Hoyos Arbeláez, Juan 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*. De Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4461/1/18476.2011.pdf>
14. Ibarra, D.W y Redondo, J.M (2011). *Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia*. Recuperado de: [http://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/021\\_1701714021/](http://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/021_1701714021/)
15. INEI. (2007). *XI de Población y VI de Vivienda de la población económicamente activa*.
16. ISDEFE. (2008). *La simulación de sistemas*.
17. Londoño, D. (2014). *Residuos de la Línea Blanca, Marrón y Gris*. Recuperado de: <https://prezi.com/kdqqgenorx-id/residuos-de-linea-blanca-marron-y-gris/>

18. Martínez Romero, C. (2013, Setiembre). *Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (raee) en el Perú*. RAEE, Perú. Recuperado de: [http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/cigtobia/Presentaciones/IIISRRSSP/Reciclaje%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos/GESTION\\_MANEJO\\_RESIDUOS\\_APARATOS\\_ELECTRICOS\\_ELECTRONICOS\\_PERU.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/cigtobia/Presentaciones/IIISRRSSP/Reciclaje%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos/GESTION_MANEJO_RESIDUOS_APARATOS_ELECTRICOS_ELECTRONICOS_PERU.pdf)
19. Martínez S. y Requema A. (1998). Simulación dinámica por ordenador. Recuperado de : Alianza Editorial, Madrid
20. Parillo Condori, L. G. (2008). *Estudio del sistema de tratamiento de los desechos electrónicos en la ciudad de Tarapoto con la metodología de sistemas blandos*. Tarapoto, Perú.
21. Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2010). *Definición de reciclaje*. Recuperado de: <http://definicion.de/reciclaje/>
22. (PIGARS - 2012), Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos Provincia de San Martín
23. Promoción del Desarrollo Sostenible-IPES. (2011, Junio). *Diagnóstico del Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Arequipa*. RAEE, Perú. Recuperado de: [http://www.raeep Peru.pe/pdf/estudios/120228\\_Diagnostico\\_RAEE\\_Arequipa\\_2011](http://www.raeep Peru.pe/pdf/estudios/120228_Diagnostico_RAEE_Arequipa_2011).
24. Román Moguel, G.J. (2007). *Análisis del (Ciclo) del Final de Vida de Dispositivos Postconsumo*. Mexico, D.F
25. Román Moguel, G.J. (2007, 06 de julio). *Análisis del (Ciclo) del Final de Vida de Dispositivos Postconsumo*. ipn, chemad. Recuperado de: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2009\\_foro\\_res\\_electronicos\\_02\\_roman.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2009_foro_res_electronicos_02_roman.pdf)

26. Sunad. (2010, Mayo). *Proyección al 2015 del ingreso anual de computadoras y la cantidad de residuos que generarán.*
27. Sunad. (2011, Mayo). *Proyección al 2015 del ingreso anual de teléfonos celulares y la cantidad de residuos que generarán.*
28. Theisen, Vigil. (1994). *residuos electrónicos, Medio ambiente.*
29. Valeiras, N. y Godoy, L. (2007). *Simulación Computacional para el Aprendizaje Comprensivo de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos.*  
Recuperado de:  
<http://repositorio.upr.edu:8080/jspui/bitstream/10586%20/512/1/Simulacion%20Computacional%20para%20el%20Aprendizaje.pdf>
30. Vásquez, O. (2005). *Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile.* Recuperado de:  
[http://dinamicasistemas.otalca.cl/Revista/Vol1Num1/vasquez\\_residuos.pdf](http://dinamicasistemas.otalca.cl/Revista/Vol1Num1/vasquez_residuos.pdf)
31. Villafaña Figueroa, R. (2009). *Técnica de Planificación de Escenarios.*  
Recuperado de: <https://sites.google.com/site/competenciaestrategia/tecnica-de-planificacion-de-escenarios>

IX. ANEXOS

ANEXO 1: OFICIO CIRCULAR DIRIGIDA A LAS EMPRESAS PUBLICAS Y EMPRESAS PRIVADAS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

EXP: 44650 ✓

AMÉS Salud  
RED ASISTENCIAL TARAPOTO  
TRAMITE DOCUMENTARIO

26 ENE 2017 *quyas*

Universidad Nacional de San Martín Tarapoto  
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Jr. Via Universitaria S/N° - Ciudad Universitaria - Morales  
Teléfono: (042) 52-5688-524074 Anexo 109

RECIBIDO  
I.E. "Ofelia Velásquez"  
TARAPOTO  
Fecha: 25/01/17 Hora: 11:30  
de Registro:  
Firma:

EXP. : 000-URD  
FECHA: 2017-01-23  
HORA : 10:53 h  
RECEP: ROSITA CONSUELO CANMA SAN

RECIBIDO  
RECEPCION  
CARGO  
23 ENE 2017  
N° RECEP  
Firma

Tel. 526884

PROYECTO ESPECIAL MUAL (Mesa Central y Bajo Mayo)  
GERENCIA GENERAL  
RECEPCION  
FECHA: 23.01.17 HORA: 10:53  
Firma: *Quyas* REG:

OFICIO CIRCULAR N° 001/2017 UNSM-T/FISI  
RECIBIDO  
23 ENE. 2017  
HORA: 12:20  
Firma: *Quyas*

RECIBIDO  
MESA DE PARTES  
08 FEB. 2017  
LA RECEPCION DE ESTE DOCUMENTO NO  
IMPLICA RESPONSABILIDAD DEL  
EJECUTOR

PODER JUDICIAL  
CORTE SUPERIOR DE JUSTICIA DE SAN MARTIN  
COORDINACION ADMINISTRATIVA  
23 ENE. 2017  
RECEPCION  
11:30 am  
Firma: *Quyas* 94263

Morales, 11 de enero de 2017.

Tarapoto.-  
Asunto:

Me dirijo a usted para saludarle cordialmente a nombre de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, al mismo tiempo, me permito presentar al Bachiller **JUAN CARLOS AREVALO REYNA** de la Carrera Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, a fin de que se le reconozca como tal, y solicitar la autorización brindando las facilidades en la institución a su cargo, para recabar información que le permitirá el desarrollo de su Proyecto de Tesis "SIMULACIÓN DE PROCESOS DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS DE LA LÍNEA GRIZ EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PARA PLANIFICAR ESCENARIOS FUTUROS EN EL PERÍODO 2016 - 2050", bajo el asesoramiento del Ing. Mg. Juan Carlos García Castro. Es preciso señalar que el mencionado bachiller tiene la responsabilidad de guardar absoluta confidencialidad de toda la información que la empresa le proporcione, de lo contrario será sancionado por nuestra Facultad.

Propicia es la oportunidad para expresarle mi consideración y estima.

Atentamente,  
Aeropuerto de Tarapoto  
ADMINISTRACION  
08 FEB. 2017

REGION SAN MARTIN  
OFICINA DE OPERACIONES  
TRAMITE DOCUMENTARIO  
23 ENE 2017  
Recibido: *Quyas* Hora: 11:30  
Firma: *Quyas* N° 1542499

Lic. M.Sc. Marco Armando Gálvez Díaz  
Decano (e) de la FISI

San Camilo  
SERVICIOS GARVIL S.A.C.  
CARGO  
HORA: 11:54 am  
Firma: *Quyas*

RECIBIDO  
70322633  
CONSOLVA S.A.

RECIBIDO  
FECHA: 23.01.17  
HORA: 10:33  
Firma: *Quyas*

GOBIERNO REGIONAL  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD DE SAN MARTIN  
RED DE SALUD DE SAN MARTIN  
TRAMITE DOCUMENTARIO  
23 ENE 2017  
Recibido: *Quyas* Hora: 11:25  
Clave: 1542566  
*60x. Sanit.*

FORMA REGISTRAL III - Sede Moychamba  
OFICINA TARAPOTO  
Fecha: 25/01/2017 Hora: 11:36:07

23 ENE 2017  
12:14 pm

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTIN  
 Unidad de Trámite Documentario - Sede Central  
**RECIBIDO**  
 Cargo. Nº: Fecha: Hora:  
 1215 23 ENE. 2017 17:53  
 Folios: Firma:  
 A: MVigo

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS  
 E INFORMÁTICA  
 25 ENE 2017  
 11:12  
 INEI - INEI - INEI - INEI - INEI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
**MESA DE PARTES**  
 08 FEB. 2017  
 N° 0582 Hora: 11:32  
 RECIBIDO POR:

Augusto B. Legua N° 202  
 Tienda Tarapoto  
 ATENTO  
 29 ENE 2017  
 Movistar

Instituto Superior Pedagógico Público  
 TARAPOTO  
**RECEPCION**  
 Fecha: 25/01/17  
 Hora: 11:46 am  
 FIRMAS

I.E. Santa Rosa - Tarapoto  
**RECEPCION**  
 Registro N° 1423  
 Fecha 26/01/17 Hora 10:41 am

Jr. Jiménez Pimentel  
**RECIBIDO**  
 150  
 18/01/17  
 12 de Jan

Electro Onanta S.A.  
 TRAMITE DOCUMENTARIO  
 C.R. SAN MARTIN  
 08 FEB. 2017  
 Hora: 15:05  
 ES SEÑAL DE RECEPCION  
 PERO NO DE CONFORMIDAD

E.S.T.P NOR ORIENTAL DE LA SELVA  
 MESA DE PARTES  
**RECIBIDO**  
 Nº Ref. Hora: 10:58  
 Fecha: 26-01-17  
 Firma

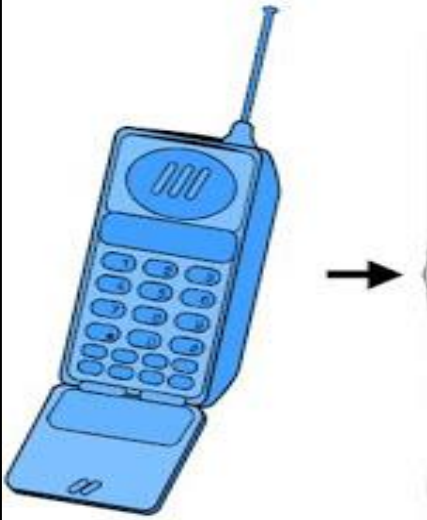
C.E.P. SAN ANTONIO DE PADUA S.R.  
 Jr. Jiménez Pimentel N° 1204  
 Telf: 52-1540  
 08 FEB 2017  
**RECIBIDO**  
 Hora: 10:49 Firma

GOBIERNO REGIONAL SAN MARTIN  
 SUB REGION UNO MAYO TARAPOTO  
 08 FEB. 2017  
 EXPE. N° 1557716  
 HORA: 11:15 am FIRMA:

Hora: 11:41 pm Firma:  
 Tarapoto, 23 de Enero del 2017  
**SECRETARIA**  
 Jr. Manco Capac N° 237  
 I.E.S.M.T. "DIANES PARRA"

Firma: [Signature]  
 Hora: 10:34 pm  
 Fecha: 23-01-17  
 COOPERATIVA DE AHORRO Y CREDITO  
 "LA PROGRESIVA LTDA."  
**RECIBIDO**

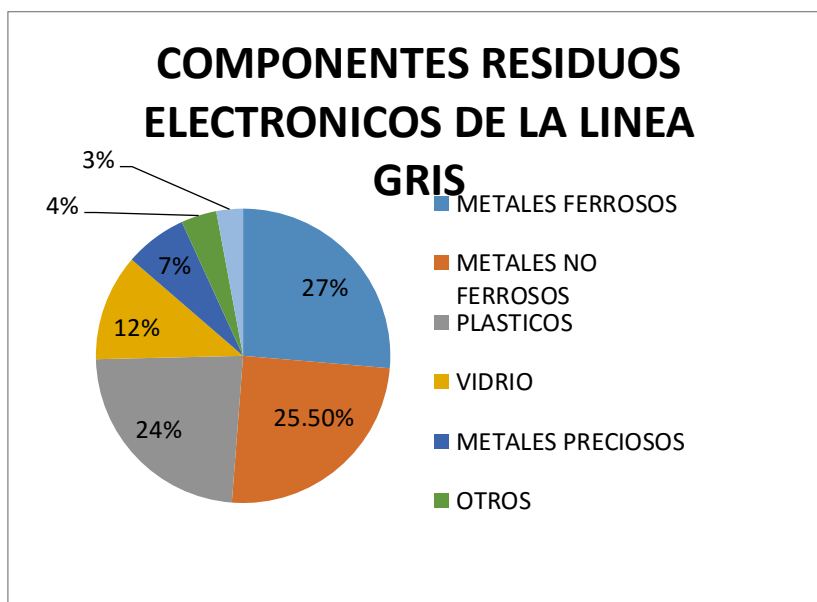
**ANEXO 2: COMPONENTES CONTAMINANTES Y RECICLABLES Y RESPECTIVOS PORCENTAJES**



**Composición de un teléfono celular  
cantidades totales a desechar (promedio  
masa 87**

Material	Contenido (% masa total)	Masa unitaria (g)	Total a desechar [ton]
Plásticos	40	34.8	6.78
Vidrio	20	17.4	3.39
Hierro	10	8.7	1.695
Aluminio	10	8.7	1.695
latón	10	8.7	1.695
Plomo	0.5	0.435	0.08475
Cobre	4	3.48	0.678
Magnesio	3	2.61	0.5085
Níquel	1	0.87	0.1695
Zinc	1	0.87	0.1695
Cadmio	0.2	0.174	0.0339
Plata	0.01	0.0087	0.001695
Cromo	0.01	0.0087	0.001695
Tantalio	0	-	0
Berilio	0	-	0
Mercurio	0	-	0
<b>TOTALES</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>16.9</b>

Tabla elaborada por: Dr. Guillermo j. Roman Moguel, en base a las características obtenidas de Mobil toxic waste: Basel Action Network (2004) EPA 5305W (2005). México



- TIPOS:**
1. Computadoras
  2. laptops
  3. impresoras
  4. periféricos

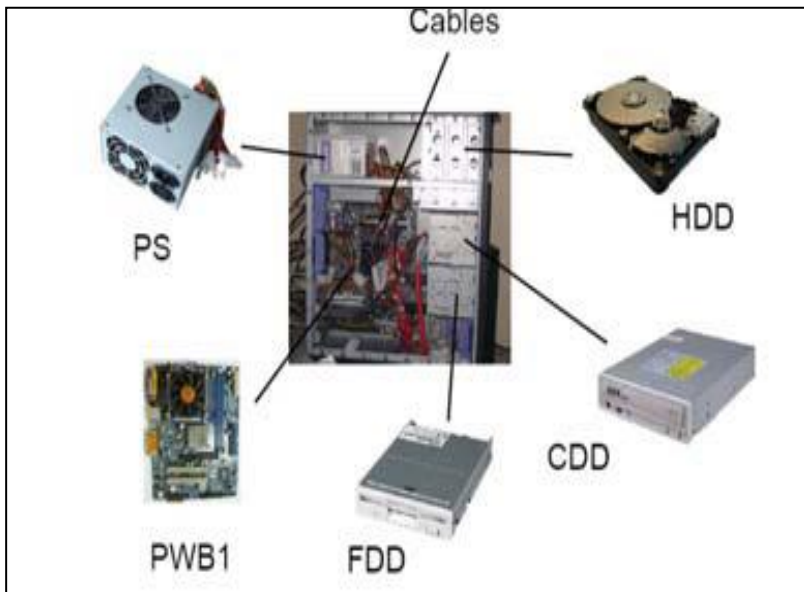
**Composición promedio de residuos electrónicos de la línea gris**

Fuente: Elaboración Propia

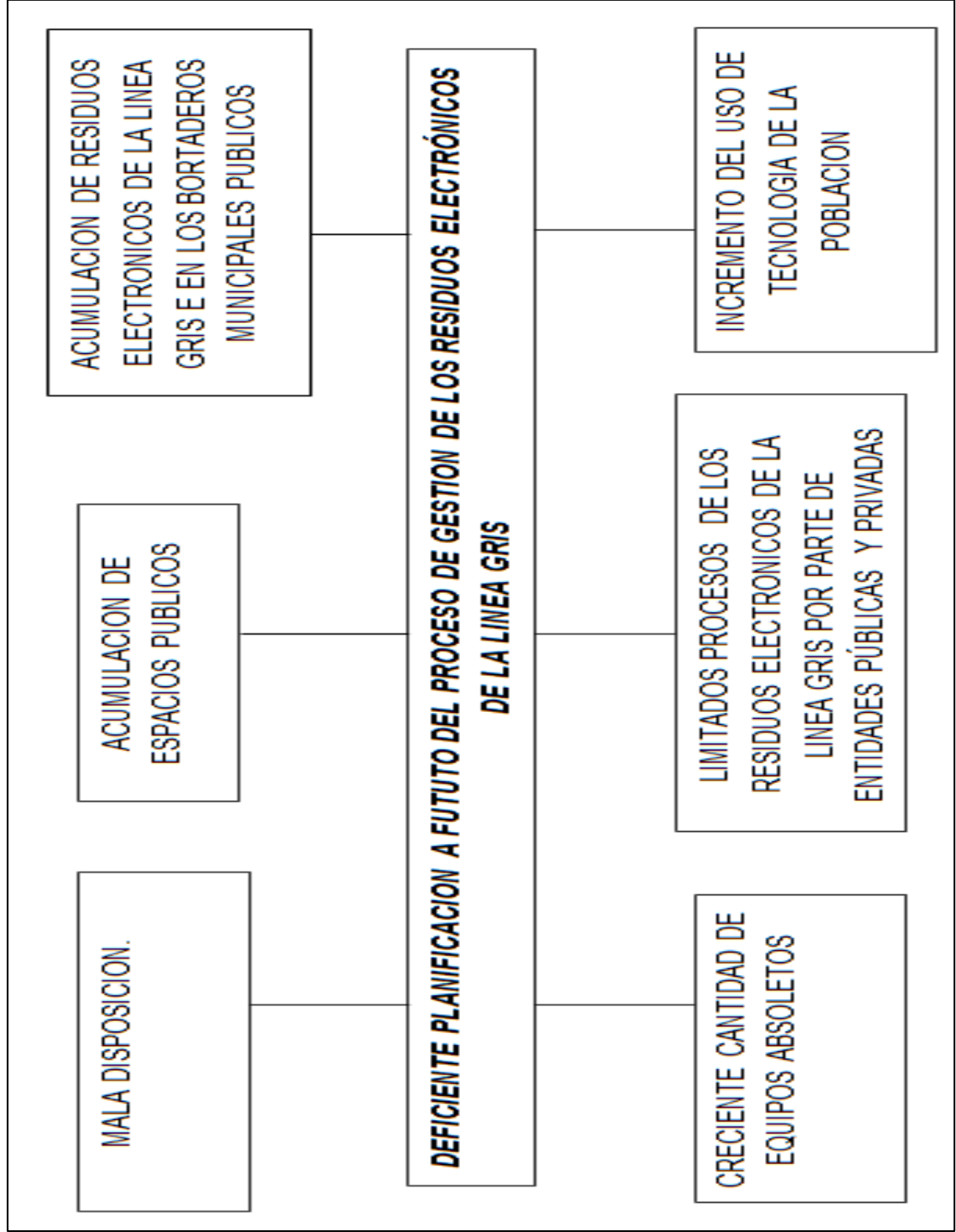
### Anexo 3: DESENSAMBLE RESIDUOS ELECTRÓNICOS MECÁNICO Y MANUAL



### Anexo 4: ESQUEMAS FÍSICOS DE COMPONENTES DE UN COMPUTADOR.



Anexo 5: ÁRBOL DE PROBLEMAS







**b) ¿si contesto si en la anterior pregunta qué material recicla?**

(Puede señalar más de una opción)

1. Vidrios ( )                      2. Metales (cobre, bronce, fierro) ( )                      3. Plástico ( )  
 4. Desechos Orgánicos ( )    5. Telas ( )    6. Jebes ( )    7. Calaminas ( )                      8. Baterías ( )  
 9. Papel ( )                      10. Cartón ( )                      11. Latas ( )

**c) ¿sabe usted cuales son los pasos para realizar un trabajo de reciclaje?**

(En los paréntesis colocar número en forma ascendente según actividad)

1. Ubicación ( ) 2. Compra ( ) 3. Recolección ( ) 4. Transporte ( ) 5. Ordenamiento ( )  
 6. Limpieza ( ) 7. Almacenamiento ( ) 8. Procesamiento ( ) 9. Venta ( )  
 10. Administración (registro, contabilidad especificar por pasos: .....  
 .....

**d. ¿Cómo calificaría Ud., la relación existente entre las personas que hacen pasar de reciclaje a recolección?**

- a) De colaboración ( ) b) Amigable ( ) c) No se conocen ni se relacionan ( )  
 d) De competitividad y rivalidad ( ) e) Otros ( ) Especifique: \_\_\_\_\_

**e. ¿Qué material de desecho arroja con más frecuencia a la basura?**

- a. Cáscaras y comida.                      b. Papel                      c. Vidrio                      d. Latas                      e. Total

**f. ¿Cree usted que el servicio de recolección de basuras es bueno?**

- a. Si                      b. Deficiente                      c. No

**CONCIENCIA AMBIENTAL****1. ¿Conoce sobre los residuos sólidos informáticos?**

- a. Si, explique:.....  
 b. No

**2. ¿Conoce sobre los daños que ocasionan los residuos tóxicos e informáticos al medio ambiente?**

- a. Sí ( ) Especifique: .....  
 b. No ( )

**3. ¿Reciclas este tipo de residuos, y de qué manera lo haces?**

- a. Sí ( ) Especifique: .....  
 b. No ( )

## Anexo 7: ENCUESTA APLICADA A INSTITUCIONES

Buenos días (tardes). Mi nombre es\_\_\_\_\_ . Dentro del marco de la salud Ambiental, estamos desarrollando un proyecto de investigación titulado “**SIMULACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS DE LA LÍNEA GRIS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO PARA PLANIFICAR ESCENARIOS FUTUROS EN EL PERIODO 2016 - 2050**”, para analizar el manejo que se le está dando a estos en la ciudad y la información con que se cuenta al respecto en las institución que labora. Como podrá observar, la encuesta pretende y tiene como finalidad indagar a los residuos electrónicos de la línea gris (Pcs, Portátiles (laptos), impresoras, celulares, periféricos (mouse, monitores, teclado)), porque están siendo considerados como uno de los mayores riesgos ambientales de la actualidad, debido al aumento vertiginoso de los mismos y a su alta nocividad para el medio ambiente, sin que se cuente con políticas claras al respecto.

### DATOS GENERALES

#### ANÁLISIS DE MANEJO DE RESIDUOS ELECTRONICOS DE LA LINEA GRIS

Nombre : \_\_\_\_\_

Institución : \_\_\_\_\_

Cargo : \_\_\_\_\_

Dirección : \_\_\_\_\_

Teléfono : \_\_\_\_\_

E-mail : \_\_\_\_\_

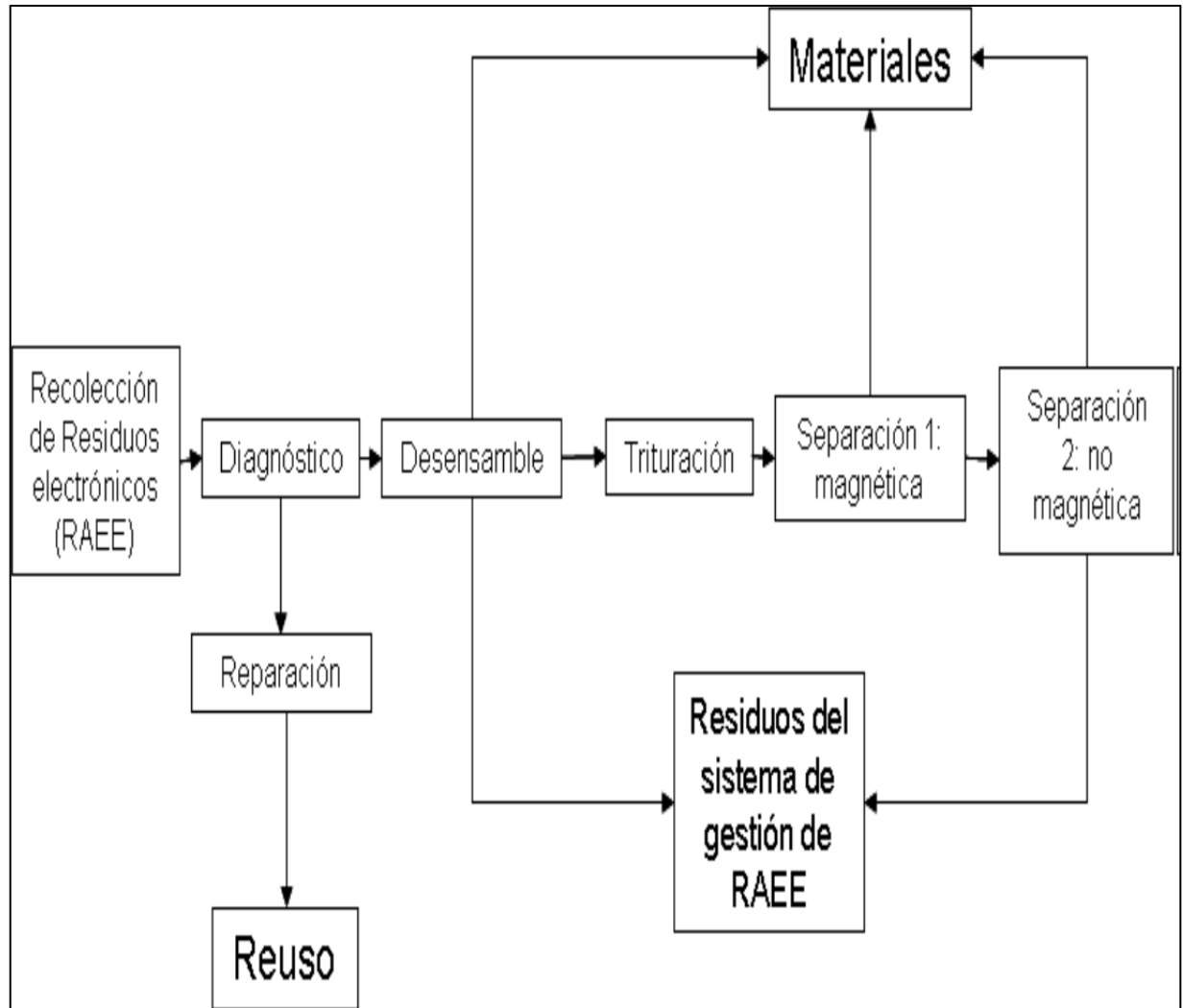
Maque la respuesta

- 1) ¿Cuál es el tiempo de vida útil que le da a sus equipos electrónicos de la línea gris?
  - 4 años
  - 5 años
  - 6 años
  - 7 años
  - otros años:....
  
- 2) ¿Conoce el destino final de los equipos de la línea gris dados de baja? si la respuesta es si ¿dónde?
  - Almacén de la institución
  - Botadero
  - Recicladores
  - Otros menciónalo:.....
  
- 3) ¿Cuáles son los equipos electrónicos de la línea gris que más se deterioran o caen en desuso y que a continuación se mencionan?
  - Pcs
  - Portátiles (laptos)
  - Impresoras
  - Celulares
  - Periféricos:
    - a. Mouse
    - b. Monitores
    - c. Teclado
  
- 4) Con relación a los residuos electrónicos de la línea gris. ¿Cuenta su institución con un inventario de los equipos informáticos eléctricos y electrónicos, en donde se establezca su vida útil o se indique cuando será dado de baja?  
Sí \_\_\_ No \_\_\_



**Anexo 08: DIAGRAMA DE BLOQUES FINAL DE MODELO PROPUESTO –  
GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ELECTRÓNICOS.**

Universidad de Colombia – “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”

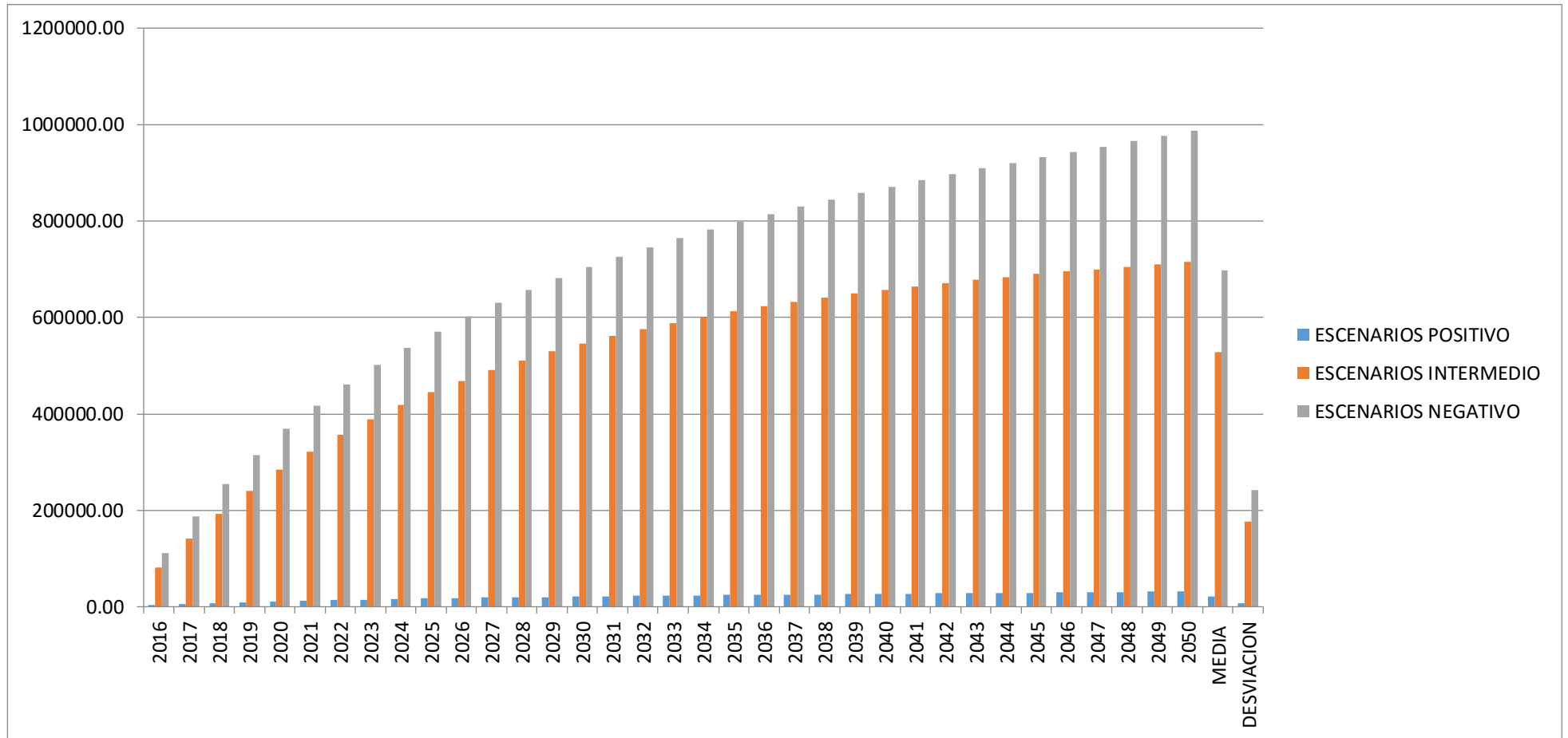


**Anexo 9: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PIGARS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTÍN – CIUDAD DE TARAPOTO.**



Fuente: PIGARS – MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTIN

**Anexo 10: DIAGRAMA DE BARRAS DEL COMPORTAMIENTO DEL VOLUMEN POR AÑO SEGÚN ESCENARIOS.**



Fuente: Elaboración propia, extraído del Excel