



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Laureate International Universities

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA DE
LLANTAS INSERVIBLES PARA REDUCIR EL IMPACTO
AMBIENTAL Y GASTO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL
SERVICIO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE TRUJILLO**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTORES:

Bach. José Rodrigo García Quiroz

Bach. Alexandra Marlene Reyes Luna Victoria

ASESOR:

Ing. Ramiro Mas McGowen

TRUJILLO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía espiritual.

A mis padres por su apoyo y amor incondicional, por estar conmigo acompañándome encada noche de desvelo.

A mis tías, Gisela y Marianela, que son como mis madres, a mi papá Chalo, a mi doblemente madre, mi abuela Teresa, que sin su apoyo, estoy seguro que no habría llegado hasta aquí.

A toda mi familia por comprender mi ausencia en momentos especiales.

José Rodrigo García Quiroz

A Dios por esta naturaleza extraordinaria para aprovecharla, cuidarla y por darme la vida para apreciarla.

A mis papás y mamás, por darme fortaleza, los dos que viven aquí y los dos que viven en el cielo. A mis sobrinos, que me recargan de energía e inspiración. A mis hermanos, por cuidarme y apoyarme siempre.

A mis padres, las personas que más admiro, mis ejemplos.

Alexandra Marlene Reyes Luna Victoria

EPIGRAFE

“El único lugar donde el ‘éxito’ aparece antes que el ‘trabajo’ es en el diccionario”

Vidal Sasoon

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, por sus orientaciones durante este arduo proceso.

A todos nuestros docentes, porque gracias a ellos tenemos los conocimientos que hoy se ven reflejados. A nuestros amigos, compañeros y colegas que nos extendieron su mano sin esperar nada a cambio.

LISTA DE ABREVIACIONES

- AAPC: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias
- AFNOR: Asociación Francesa de Normalización
- ANIP: *Asociación Nacional da Industria de Pneumáticos* (Asociación Nacional de la Industria de Neumáticos)
- BCCC: Convenio de Basilea para América Latina y El Caribe
- CCI: Cámara de Comercio Internacional
- CDC: Centros de Devolución Centralizados
- CEO: *ChiefExecutiveOfficer* (Director Ejecutivo)
- CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
- CONAM: Consejo Nacional del Ambiente
- DAM: Declaración Aduanera de Mercancías
- DSI: Declaración Simplificada de Importación
- DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental
- IBAMA: Instituto Brasileño del Medio Ambiente
- IGV: Impuesto General a las Ventas
- INCOTERMS: *International Commercial Terms* (Términos Comerciales Internacionales)
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- INMETRO: Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología
- IPM: Impuesto de Promoción Municipal
- ISC: Impuesto Selectivo al Consumo
- ISO: *International Organization for Standardization* (Organización Internacional de Estandarización)
- LMP: Límite Máximo Permisible
- MEM: Ministerio de Energía y Minas
- MINAM: Ministerio del Ambiente
- MINCETUR: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo
- MINSA: Ministerio de Salud del Perú
- MPT: Municipalidad Provincial de Trujillo
- ONG: Organización No Gubernamental
- ONU: Organización de las Naciones Unidas
- OPS: Organización Panamericana de la Salud

OTR: *Off the Road* (Fuera de carretera)

PFU: Productos Fuera de Uso

RAE: Real Academia Española

RRSS: Residuos Sólidos

SEGAT: Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo

SEIA: Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

SINIA: Sistema Nacional de Información Ambiental

SUNAT: Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria

TMAR: Tasa Mínima Atractiva de Retorno

TPPS: Tabla de Porcentajes Promedio de Seguro

TUPA: Texto Único de Procedimientos Administrativos

UAM: Universidad Anhembí Morumbi

UEC: Universidad Estatal de Campinas

UNAD: Universidad Abierta y a Distancia

UNAERP: Universidad de Ribeirão Preto

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

USMP: Universidad San Martín de Porres

VI: Valor de Impacto

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, ponemos a vuestra consideración el presente Proyecto titulado:

“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA DE LLANTAS INSERVIBLES PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y EL GASTO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL SERVICIO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE TRUJILLO”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los meses de julio a diciembre del año 2016, y esperamos que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

Bach. José Rodrigo García Quiroz

Bach. Alexandra Reyes Luna Victoria

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor: Ramiro Fernando Mas McGowen

Jurado 1: Marcos Gregorio Baca López

Jurado 2: Rafael Castillo Cabrera

Jurado 3: Miguel Ángel Rodríguez Alza

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general Reducir el Impacto Ambiental y Gasto por Consumo de Combustible en el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT), a través de la propuesta de un Sistema de Logística Inversa de Llantas Inservibles. La investigación es de tipo aplicada, se manejó la hipótesis que con la propuesta de este sistema se reduciría el impacto ambiental y el gasto por consumo de combustible del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo. Para el análisis de los resultados se realizó proyecciones de materia prima, estimación y cálculo de gastos actuales, así como, el impacto ambiental de la situación problemática y el análisis económico de las propuestas de solución a fin de observar la rentabilidad y sostenibilidad en el futuro. Los cálculos respectivos se obtuvieron analizando: los gastos de combustible, el área del botadero, la proyección de llantas inservibles, la cantidad de combustible destilado por cada propuesta, el cálculo de la cantidad de trabajadores para la nueva planta, el ahorro y la inversión para cada propuesta, el tiempo de abastecimiento, los indicadores económicos de la propuesta 1 y 2 y el impacto Ambiental. La propuesta consistió en utilizar un sistema de pirolisis de neumáticos con el cual se puede obtener tres fases de productos (gaseoso: gas pirolítico, sólido: carbón y acero, líquido: aceite combustible). Las conclusiones a las que se arribaron son: a. El impacto ambiental de almacenar o descartar indebidamente llantas inservibles ocasiona daños a la salud y el medio ambiente, teniendo la calificación de -342. b. Existe disponibilidad de llantas inservibles para abastecer potencialmente cualquiera de las propuestas, actualmente solo llega al botadero el 13% de estas llantas generadas en la localidad. c. El sistema propuesto tiene capacidad de procesamiento de 5 toneladas diarias. d. Con la aplicación de este sistema se estima un ahorro de S/. 1'102,866.23 anuales. e. Los indicadores financieros arrojados por la propuesta n° 02 (5 ton/día) son: VNA de S/. S/. 2'448,238.89, TIR igual a 71% y TRI de 17 meses; por lo que la propuesta es viable económicamente. f. Se realizó el análisis del impacto ambiental el cual arrojó una calificación de -83. g. La comparación del impacto ambiental con la situación actual presenta una reducción del 78%. Con ello podemos concluir que el sistema es ambientalmente viable.

Palabras Clave: Logística inversa, reducción de costos, reducción de contaminantes, impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to Reduce the Environmental Impact and Fuel Consumption Expenditure in the Environmental Management Service of Trujillo (SEGAT), through the proposal of a Reverse Logistic System for Unusable Tires. The research is of an applied type, the hypothesis that the proposal of this system would reduce the environmental impact and the fuel consumption expense of the Trujillo Environmental Management Service. For the analysis of the results, raw material projections, estimation and calculation of current costs were carried out, as well as the environmental impact of the problematic situation and the economic analysis of the proposed solutions in order to observe the profitability and sustainability in the future. The respective calculations were obtained by analyzing: fuel costs, the area of the dump, the projection of unusable tires, the amount of fuel distilled by each proposal, the calculation of the number of workers for the new plant, saving and investment for each proposal, the supply time, the economic indicators of proposal 1 and 2 and the environmental impact. The proposal consisted of using a tire pyrolysis system in which three phases of products can be obtained (gaseous: pyrolytic gas, solid: coal and steel, liquid: fuel oil). The conclusions reached are: A. The environmental impact of improperly storing or disposing of unusable tires causes damage to human health and the environment, having a rating of -342. B. There is availability of unusable tires to potentially supply any of the proposals, currently only 13% of these tires generated in the locality arrive at the dump. C. The proposed system has processing capacity of 5 tons per day. D. With the application of this system is estimated a saving of S / . 1'102,866.23 per year. E. The financial indicators provided by proposal no. 02 (5 ton / day) are: NPV of S / . S / . 2'448,238.89, IRR equal to 71% and Payback of 17 months; So the proposal is economically viable. F. The environmental impact analysis was carried out, which yielded a score of -83. G. The comparison of the environmental impact with the current situation presents a reduction of 78%. With this we can conclude that the system is environmentally viable.

Keywords: Reverse logistics, cost reduction, pollutant reduction, environmental impact.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE ABREVIACIONES	iv
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL	x
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION	1
1.1 Descripción del problema de investigación	2
1.2 Formulación del Problema	11
1.3 Delimitación de la investigación	11
1.4 Objetivos	11
1.4.1 Objetivo General	11
1.4.2 Objetivos específicos	11
1.5 Justificación.....	12
1.6 Tipo de Investigación.....	12
1.7 Hipótesis.....	12
1.8 Variables	13
1.8.1 Sistema de variables	13
1.8.2 Operacionalización de Variables	13
1.9 Diseño de la Investigación	14
CAPÍTULO 2	15
REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1 Antecedentes de la Investigación	16
2.1.1 Internacionales:	16
2.1.2 Nacionales	19

2.2 Base Teórica.....	19
2.2.1 Logística.....	19
2.2.2 Logística Inversa.....	28
2.2.3 Logística Inversa de Neumáticos.....	45
2.2.4 Ecoindicadores.....	60
2.3 Definición de Términos	62
CAPÍTULO 3	64
DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL.....	64
3.1 Descripción general del SEGAT	65
3.2 Misión y Visión	65
3.2.1 Misión:	65
3.2.2 Visión:	65
3.3 Organigrama.....	66
3.4 Maquinarias y Equipos	67
3.5 Descripción del Área objeto de Análisis.....	68
3.5.1 Descripción del Botadero “El Milagro”	68
3.5.2 Análisis del Impacto Ambiental en el botadero “El Milagro”	70
3.6 Identificación de problemas e indicadores actuales	72
3.6.1 Diagrama de Ishikawa para identificar causas raíces	72
3.6.2 Indicadores y metas proyectadas	74
CAPÍTULO 4	75
SOLUCION PROPUESTA.....	75
4.1 Proyección estadística de llantas inservibles.....	76
4.2 Propuesta de Logística Inversa de llantas inservibles.....	78
4.2.1 Pirolisis de Llantas Inservibles	78
4.2.2 Maquinarias y Equipos:.....	79
4.2.3 Descripción del sistema:	82
4.3 Diagrama Hombre – Máquina.....	84
4.3.1 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta 2.5 toneladas:.....	85
4.3.2 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta de 5 toneladas:	85
4.3.3 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta de 10 toneladas:	86
4.3.4 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta de 20 toneladas:	87
4.3 Análisis de Ecoindicadores del Sistema	88

CAPÍTULO 5	91
EVALUACION ECONOMICA.....	91
5.1 Inversión para cada propuesta.....	92
5.1.1 Propuesta de inversión n°1:.....	92
5.1.2 Propuesta de inversión n°2:.....	93
5.1.3 Propuesta de inversión n°3:.....	94
5.1.4 Propuesta de inversión n°4:.....	94
5.2 Análisis ABC de los vehículos motorizados del SEGAT	95
5.2.1 ABC según la frecuencia de uso de los vehículos	95
5.2.2 ABC según el gasto anual	98
5.2.3 ABC según las principales funciones destinadas a los vehículos.....	100
5.3 Cantidad de combustible producido y ahorro generado con cada propuesta....	105
5.3.1 Combustible y ahorro generado con la propuesta 1:.....	106
5.3.2 Combustible y ahorro generado con la propuesta 2:.....	108
5.3.3 Combustible y ahorro generado con la propuesta 3:.....	110
5.3.4 Combustible y ahorro generado con la propuesta 4:.....	112
5.4 Análisis de Disponibilidad de Materia Prima	114
5.4.1 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 1:	114
5.4.2 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 2:	115
5.4.3 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 3:	115
5.4.4 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 4:	116
5.5 Flujos de caja para cada propuesta:	117
CAPÍTULO 6	121
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	121
6.1 Identificación de causas raíces:	122
6.2 Área del botadero “El Milagro”:	122
6.3 Proyección de llantas inservibles:	122
6.4 Cálculo de la cantidad de trabajadores para la nueva planta:	122
6.5 Impacto Ambiental:	123
6.6 Altos gastos de combustible:.....	123
6.7 Análisis ABC de los vehículos propios del SEGAT	123
6.8 Cálculo de la cantidad de combustible destilado por cada propuesta:	124
6.9 Ahorro de las propuestas:.....	125

6.10 Inversión para cada propuesta:	125
6.11 Tiempo de abastecimiento:	125
6.12 Indicadores económicos de la propuesta 1 y 2:	126
CAPÍTULO 7	127
CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	127
7.1 Conclusiones	128
7.2 Recomendaciones.....	129
Bibliografía.....	130
ANEXOS.....	140
ANEXO A: Cálculo de cantidad de vehículos, neumáticos inservibles y cantidad en peso de los neumáticos	141
ANEXO B: Elección del tipo de proyección a ser utilizada.....	142
ANEXO C: Proyección de llantas inservibles por año.....	143
ANEXO D: Especificaciones técnicas de la planta PIROTEX	146
ANEXO E: Valorización para el Análisis del Impacto Ambiental.....	147
ANEXO F: Grado de Impacto	148
ANEXO G: Consumo Mensual en galones por vehículo	149
ANEXO H: Cálculo para la proyección de Ingresos por Recaudación del SEGAT	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tendencia de generación de basura	2
Figura 2: Aumento de consumo energético mundial	3
Figura 3: Consumo Final de Energía por Sectores	4
Figura 4: Consumo Final de Energía por Sector	4
Figura 5: Producción de Neumáticos en el Perú.....	7
Figura 6: Proyección de la cantidad de llantas inservibles en La Libertad	8
Figura 7: Quema de llantas en el botadero "El Milagro"	9
Figura 8: Cadena de Suministros	23
Figura 9: Flujos en el Sistema Logístico	29
Figura 10: Logística Inversa y Logística Verde	30
Figura 11: Proceso de Fabricación de Llantas.....	46
Figura 12: Organigrama del SEGAT	66
Figura 13: Botadero "El Milagro"	69
Figura 14: Altura de acumulación de residuos	70
Figura 15: Diagrama de Ishikawa para Variable 1	72
Figura 16: Diagrama de Ishikawa para Variable 2	73
Figura 17: Modelo de planta de pirolisis "Pirotex"	79
Figura 18: Maquinarias del modelo de planta "Pirotex"	80
Figura 19: Mini refinería de combustible de pirolisis.....	81
Figura 20: Central eléctrica de planta de pirolisis	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Inversión en nuevas tecnologías de fabricación.....	5
Tabla 2: Consumo de combustible anual	10
Tabla 3: Operacionalización de las variables	13
Tabla 4: Tipo de Actividades	30
Tabla 5: Evolución del Neumático	45
Tabla 6: Composición Química Promedio de Neumáticos	47
Tabla 7: Comparación de los materiales contenidos en las llantas.....	48
Tabla 8: Ciclo de vida útil de los neumáticos.....	49
Tabla 9: Tiempo de degradación de algunos materiales	52
Tabla 10: Destinación final de llantas inservibles - Brasil.....	57
Tabla 11: Variables para hallar el Impacto Ambiental	62
Tabla 12: Lista de maquinarias - SEGAT	68
Tabla 13: Impacto Ambiental - Estado Actual	71
Tabla 14: Indicadores de causas raíces	74
Tabla 15: Proyección de llantas inservibles - La Libertad	76
Tabla 16: Composición Física de los RRSS del Distrito de Trujillo	77
Tabla 17: Lista de maquinarias y equipo	82
Tabla 18: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P1	85
Tabla 19: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P2.....	86
Tabla 20: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P3.....	87
Tabla 21: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P4.....	88
Tabla 22: Impacto Ambiental - Planta Pirolisis de Llantas.....	90
Tabla 23: Inversión en capacitador	92
Tabla 24: Inversión en sistema de pirolisis P1	92
Tabla 25: Inversión en infraestructura P1	93
Tabla 26: Inversión en sistema de pirolisis P2	93
Tabla 27: Inversión en infraestructura P2	93
Tabla 28: Inversión en sistema de pirolisis P3	94
Tabla 29: Inversión en infraestructura P3	94
Tabla 30: Inversión en sistema de pirolisis P4	95
Tabla 31: Inversión en infraestructura P4	95

Tabla 32: ABC de Frecuencia de uso de vehículos del SEGAT	96
Tabla 33: ABC según gasto anual en combustible	98
Tabla 34: Peso según función.....	100
Tabla 35: ABC de la utilidad de las unidades motorizadas.....	101
Tabla 36: Análisis ABC Vehículos SEGAT	103
Tabla 37: Demanda de combustible anual SEGAT	105
Tabla 38: Ahorro con la Propuesta n°1	107
Tabla 39: Ahorro con la Propuesta n°2	109
Tabla 40: Ahorro con la Propuesta n°3	111
Tabla 41: Costos y ahorro P4	113
Tabla 42: Abastecimiento de Materia Prima P1	114
Tabla 43: Abastecimiento de Materia Prima P2	115
Tabla 44: Abastecimiento de Materia Prima P3	116
Tabla 45: Abastecimiento de Materia Prima P4	116
Tabla 46: Proyección de Ingresos por recaudación	117
Tabla 47: Gastos y costos del SEGAT	118
Tabla 48: Flujo de Caja P1	119
Tabla 49: Flujo de caja P2.....	120
Tabla 50: Mano de obra requerida por cada propuesta.....	123
Tabla 51: Resultado Análisis ABC.....	123
Tabla 52: Cálculo Análisis ABC	124
Tabla 53: Cantidad de combustible producido	125
Tabla 54: Ahorro de cada propuesta	125
Tabla 55: Inversión por propuesta	125
Tabla 56: Capacidad de Stock de Materia Prima.....	126
Tabla 57: Resultados Análisis Económico P1 y P2.....	126

INTRODUCCIÓN

El gran aumento en la generación de residuos sólidos es una gran preocupación para la sociedad actual. Uno de los principales pasivos ambientales es el descarte inapropiado de neumáticos inservibles debido a que no tienen un tratamiento adecuado y/o disposición final, siendo acumulados en el medio ambiente o, en el peor de los casos, quemados a cielo abierto. Ésta última como una forma de desaparecerlos del ambiente o de aprovechar el acero que se encuentra en su composición.

La presente investigación busca conseguir la reducción del impacto ambiental generado por las llantas inservibles, dispuestas en el medio ambiente de manera incorrecta, y disminuir el gasto por consumo de combustible del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo.

En los primeros capítulos del presente trabajo de investigación, se estudia el escenario de la problemática actual mediante la aplicación y revisión de indicadores estadísticos y el sustento teórico que permitirá respaldar la idea propuesta.

En los siguientes capítulos, se realizará la evaluación del impacto ambiental y económica del sistema de logística inversa para el aprovechamiento energético, basado en la pirolisis de llantas inservibles, propuesto como alternativa de solución; considerando diferentes factores y restricciones por medio de la utilización de herramientas de ingeniería.

Posteriormente, se analizan los resultados alcanzados, permitiendo comparar y escoger la mejor propuesta para la implementación del sistema de logística inversa.

Finalmente, se llega a las conclusiones y se plantean recomendaciones como resultado del presente estudio.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema de investigación

Hoy en día nos encontramos frente a un inminente problema medioambiental que azota a la humanidad, ocasionados por la contaminación del aire y del suelo, pérdida de biodiversidad, entre otros; generados por la sobrepoblación de la raza humana.

En los últimos 60 años la población se ha triplicado, haciendo más complicados los otros aspectos del ambiente. (Expoknews, 2012)

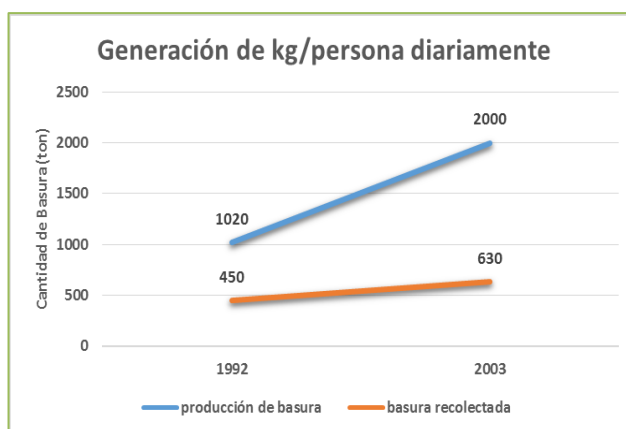
Hace varios años este problema se acentuó aún más tras la aparición de una cultura de desechables. La cultura del desechable fue exitosamente recibida por los consumidores por la practicidad del usar y botar. (Siliceo, 2004)

Frente a ello los sistemas de recolección y reciclaje han venido tomando un papel fundamental en el desarrollo sostenible de las naciones. Con un 52%, Suiza está por encima de países como Austria, Alemania, Holanda, Noruega, Suecia y Estados Unidos en cuanto a reciclaje. Los suizos reciclan un 96% de todos los materiales que se pueden reciclar, lo que equivale al 50% de los desechos totales. (Portal Kienyke, 2012)

Por otro lado, en América Latina, todas las naciones presentan cifras alarmantes y desalentadoras en la práctica del reciclaje. Ningún país supera el 15% de material reciclado por la basura que producen al año. Chile es el país que lidera la generación de residuos sólidos en Latinoamérica, con 16.9 millones de toneladas anuales, y ni siquiera llega al 10% en la recuperación de los desechos que deberían ser reutilizados.

La figura 1 muestra un crecimiento del 100% generado de basura frente a un 40% de basura recolectada desde el año 1992 hasta el 2003.

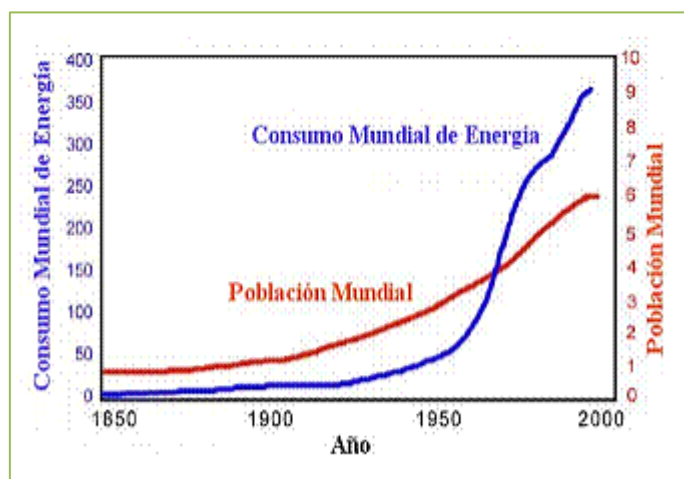
Figura 1: Tendencia de generación de basura



Fuente: Intriago (2015)

Según el Centro de Recursos Ambientales de Navarra – CRANA (2014), el problema radica en el consumo excesivo de recursos por la creación de nuevas necesidades. Herbert Marcuse distinguía dos tipos de necesidades en relación con el consumo: las necesidades verdaderas o vitales y las necesidades falsas, determinadas por fuerzas sociales y culturales. En este mismo contexto, el consumo energético mundial aumenta incesantemente, impulsado tanto por el crecimiento socioeconómico de las naciones como por el aumento de la población mundial, que alcanzará los 9100 millones en el año 2050, según las previsiones de la ONU.

Figura 2: Aumento de consumo energético mundial



Fuente: AAPC (2010)

Como se aprecia en la figura 3, a nivel mundial el transporte tiene una alta representatividad con relación al consumo energético global.

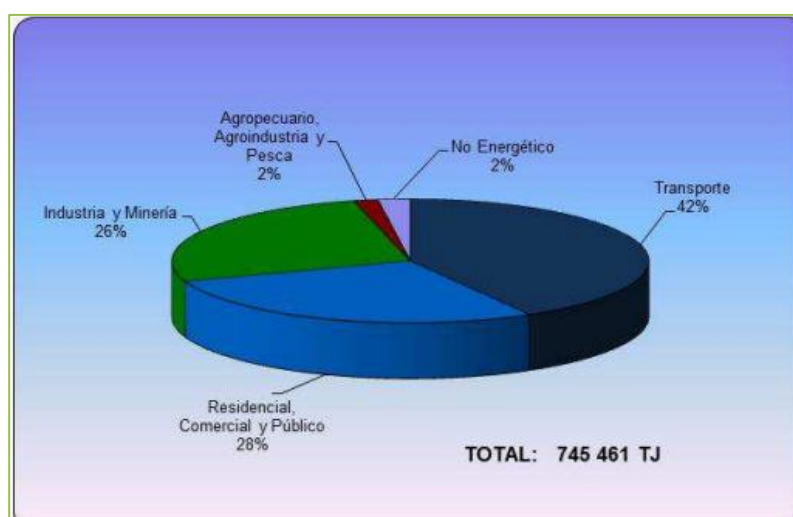
Figura 3: Consumo Final de Energía por Sectores



Fuente: AAPC (2010)

El transporte ha ido cobrando cada vez mayor importancia en los países industrializados, donde se ha convertido en una actividad básica desde el punto de vista económico y social. Aun así, la importancia del transporte va más allá de los aspectos netamente económicos, convirtiéndose en un factor clave en el desarrollo de las actividades cotidianas reduciendo los tiempos necesarios para realizar los desplazamientos y permitiendo contar con más tiempo disponible para dedicar a otras actividades. (Economía Andaluza, s.f.)

Figura 4: Consumo Final de Energía por Sector



Fuente: MEM (2015)

Como se ve en la figura anterior, la demanda del consumo de energía en el Perú está regida principalmente por el sector transporte, y para que éste pueda desarrollarse necesita del consumo de combustible.

Este escenario demanda cada vez más energía. Muchas personas se trasladan a diario largas distancias para concurrir a fábricas u oficinas distantes de sus domicilios. Muchos viajan varios kilómetros para asistir a reuniones de trabajo o para disfrutar de sus vacaciones. Kilómetros y kilómetros recorridos a diario que representan un mayor consumo de combustibles.

Como consecuencia, las abundantes reservas mundiales de combustibles fósiles hacen suponer que este recurso seguirá siendo utilizado durante muchos años. No obstante, existe un límite que impone la protección y cuidado del ambiente ante la amenaza del Calentamiento Global.

Asimismo, la producción de los neumáticos está directamente relacionada con la necesidad del transporte para la sociedad actual. Se estima que se demanda cinco llantas por cada vehículo nuevo, es decir, tiene una producción cinco veces mayor destinándolos, no solamente a equipar los vehículos nuevos, sino también a la reposición de la flota en circulación.

Tabla 1: Inversión en nuevas tecnologías de fabricación

PUESTO	EMPRESA	MILLONES DE DÓLARES EE.UU.	% de las VENTAS
1	Continental AG	1,921.1	5,6
2	Bridgestone Corp.	968,90	3,0
3	Grupo Michelin	721,90	3,0
4	Goodyear Tire & Rubber	342,00	1,8
5	Sumitomo	212,90	3,1
6	Pirelli	198,30	3,1
7	Hankook	175,20	3,5
8	Yokohama	147,10	2,5
9	Toyo Tire	87,20	2,7
10	ChengShin / MaxxisIntl.	50,70	1,5
11	Kumho Tire Co.	48,70	0,2
12	Cooper Tire	39,70	1,2
13	Nexen Tire	18,90	1,6
14	NokianTyres	16,80	1,2
15	ApolloTyres Ltd.	9,00	0,5

Fuente: Conferencia Mundial de Caucho (2013)

En las últimas décadas, la industria de neumáticos asumió un papel destacado aún mayor en el contexto mundial. Este sector recibió significativas inversiones para expandirse y actualizarse tecnológicamente. Desde la fecha del invento de los neumáticos, en el siglo

XIX, hasta el día de hoy el producto viene sufriendo grandes cambios y evolucionando constantemente debido a las diversas variaciones en el mercado automovilístico y por ser considerada una pieza fundamental, útil y necesaria para el funcionamiento de los mismos.

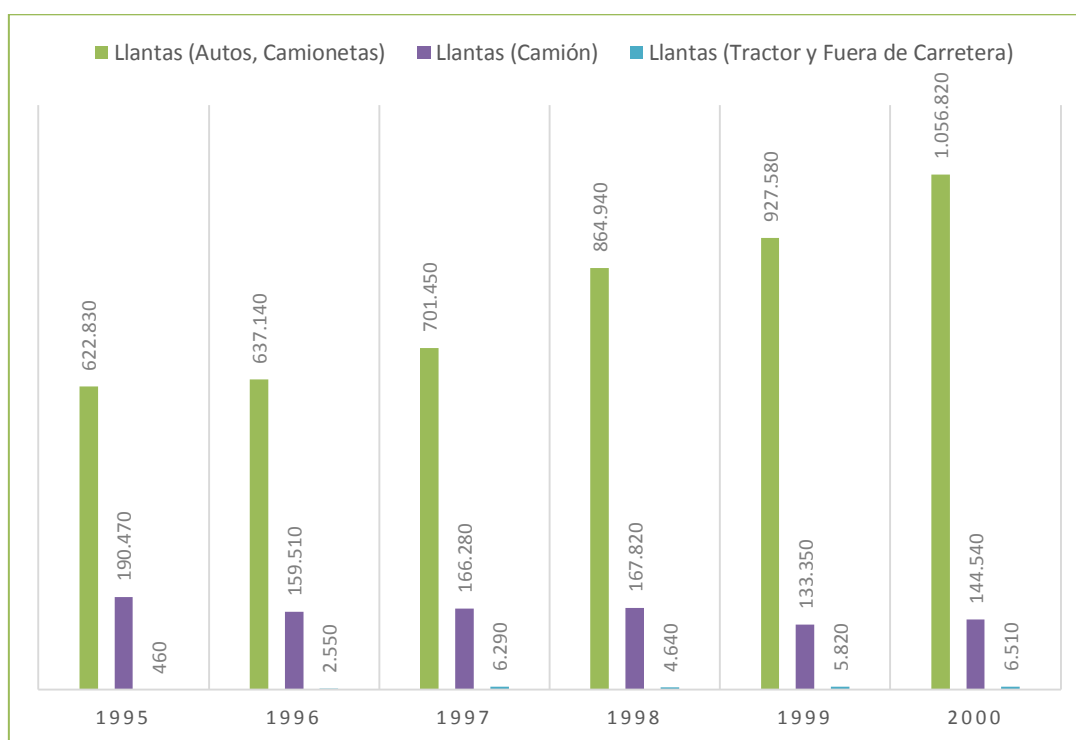
Se pronostica que el mercado de neumáticos alcance una cifra estimada de 187 000 millones de dólares en 2017, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 4%. (Conferencia Mundial de Caucho, 2013)

Como se indicó en la Conferencia Mundial de Caucho (2013), en América Latina la empresa Pirelli ha invertido 500 millones de dólares a lo largo de varios años en una planta de neumáticos de camión en Argentina y ha invertido US\$ 190 millones para ampliar en 57% su capacidad de producción de su fábrica de neumáticos para automóvil en México. Asimismo, la empresa italiana, anunció recientemente la realización de proyectos en Brasil y otros países latinoamericanos por un valor de 100 millones de dólares para la fabricación de neumáticos todo terreno u OTR (*Off the Road*, Fuera de carretera) y agrícolas. Goodyear ha decidido invertir 500 millones de dólares para modernizar su planta en Chile, un centro que fabrica neumáticos para automóviles de alto valor. Todo esto significa que la cantidad de producción de neumáticos en la región irá en aumento.

En el Perú la producción de neumáticos para autos y camionetas viene presentando una curva promedio de crecimiento ascendente (7%) desde el año 2008 hasta el año 2012 según datos del Ministerio de Producción. El aumento de la producción va de la mano de las importaciones de neumáticos las cuales también han experimentado crecimiento en los últimos años así como lo informa la SUNAT. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, MINCETUR, 2015)

Asimismo, en el 2011, las llantas OTR destinadas a las industrias pesqueras, mineras, procesamiento y agroindustriales, registró un crecimiento del 30% debido a la necesidad de adquirir maquinaria y repuestos para sostener los altos niveles de producción y de transporte, tanto de personal como de materiales, que demandan dichos sectores. (Portal Tecnología Minera, 2016)

Figura 5: Producción de Neumáticos en el Perú



Fuente: MTC (2002)

Para Andrietta (2002), uno de los productos que generan residuos peligrosos son los neumáticos, los cuales están compuestos químicamente en promedio de 70% de Carbono y que provocan grandes problemas medioambientales cuando no son tratados de manera correcta. Los residuos peligrosos pueden suponer un riesgo para la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan y se eliminan de forma segura.

En el año 2012, siguiendo con las informaciones del Eurostat (2015), el 4% del total de residuos generados en por la Unión Europea (cerca de 100.7 millones de toneladas) se clasificaron como residuos peligrosos. Esta cifra equivale a un promedio de 200kg de residuos peligrosos por cada persona de la Unión Europea, partiendo de una media de 5 toneladas de residuos totales por habitante.

Ante esta situación grandes inversiones y proyectos de innovación, de la mano con el gobierno, se han implementado en Europa y América Latina con el objetivo de promover una cultura de reciclaje en toda la población.

Sin embargo, en el Perú, las normativas relacionadas con este problema son aún escasas. Existe la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 y la Ley que regula la actividad de los recicladores N° 29419; esta última ley coloca al país como pionero en regular el trabajo formal de los más de 108 mil familias de recicladores; no obstante, muy pocos gobiernos

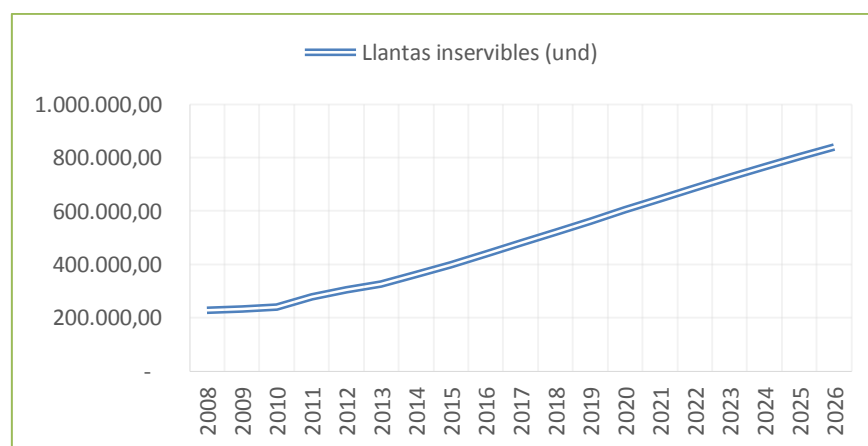
locales, provinciales y distritales están implementando los programas de gestión integral de residuos sólidos, que por ley deben incluir a los recicladores. (RPP Noticias, 2012)

En el portal de RPP Noticias (2012) encontramos que la ONG Ciudad Saludable realizó un estudio sobre la cadena del reciclaje y descubrió que hay 108 536 recicladores en el Perú, de los cuales aproximadamente la mitad está en Lima; al menos 11 mil recicladores han sido formalizados al amparo de las leyes vigentes, pero menos de 3 mil forman parte de algún programa de recolección selectiva de residuos sólidos municipales. El director ejecutivo de esta ONG señaló que todavía existen desafíos de inclusión económica y social para con los recicladores sobre lo cual vienen advirtiendo desde hace 10 años. Sin embargo, indicó que hay gobiernos regionales y municipalidades que están trabajando en cumplir las leyes de manejo de residuos.

En la ciudad, el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT) desde el año 2007 viene realizando prácticas de recolección de residuos urbanos, entre ellos, los neumáticos fuera de uso. Estos residuos son almacenados en el botadero “El Milagro” de la Municipalidad Provincial de Trujillo. Lamentablemente la cadena de suministros termina ahí.

Según un estudio de caracterización de los residuos sólidos realizado en el botadero municipal (SEGAT, 2015), el 0.23% de los residuos que ingresan diariamente corresponde a neumáticos desechados. Sin embargo, la cantidad de neumáticos inservibles viene aumentando considerablemente y mantiene una tendencia creciente para los próximos años (INEI).

Figura 6: Proyección de la cantidad de llantas inservibles en La Libertad



Fuente: Elaboración propia

Los neumáticos son almacenados sin tener un tratamiento adecuado. Por el contrario, vendedores de acero queman estas llantas a cielo abierto para retirar las tiras de acero que se encuentran dentro de la goma de caucho produciendo gran contaminación ambiental.

Figura 7: Quema de llantas en el botadero "El Milagro"



Fuente: SEGAT

Esto genera un impacto ambiental negativo de -342 puntos, el cual fue calculado mediante una Matriz de Impacto Ambiental, considerando la Naturaleza, Relevancia, Intensidad, Área de Influencia, Plazo de manifestación o Momento de Permanencia del Efecto, Reversibilidad, Recuperabilidad, Sinergia, Acumulación, Relación Causa – Efecto y Regularidad de Manifestación.

Por otro lado, dejar las llantas almacenadas a la intemperie puede ser fuente de proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades en temporadas de lluvia, ya que sirven de almacén de aguas estancadas.

En otros países, está prohibido colocar las llantas en rellenos sanitarios debido a que son materiales de difícil compactación y por el hecho de tener la característica de ser resistentes a la tracción y desgaste durante su vida útil son considerados como productos de degradación indeterminada superando los 600 años. Aquello produciría una degradación de los rellenos sanitarios y deterioro del suelo dejándolos inservibles.

Actualmente, el SEGAT cuenta con 91 unidades motorizadas destinadas a la gestión ambiental. Esto representa un alto valor en el consumo de combustible.

Tabla 2: Consumo de combustible anual

MAQUINARIA Y UNIDADES VEHICULARES		CONSUMO TOTAL
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COMBUSTIBLE (gal/año)
COMPACTADOR DE BASURA	22	91,464.79
CAMIÓN VOLQUETE	6	31,606.39
CAMIÓN CISTERNA	6	28,321.62
VEHICULO APOYO	1	14,205.16
CARGADOR FRONTAL	3	12,287.59
CAMIÓN FURGÓN	4	6,394.53
TRACTOR GRUA	1	6,242.98
MAQ. MENORES	1	6,167.76
MOTOCAR	31	5,835.09
CAMIONETA	5	4,599.21
CAMIÓN GRUA	2	4,011.83
CAMIÓN TRANSP. DE CONCRETO	2	1,368.00
MOTOCICLETA	4	712.61
GENERADOR	1	96.30
BARREDORA MECÁNICA	1	55.00
TRACTOR ORUGA	1	12,480.00
TOTAL	91	225,848.86

Fuente: SEGAT (2016)

El costo estimado por el consumo de combustible es de S/. 2'277,208.60. No obstante, debido al constante incremento en la generación de residuos sólidos, el SEGAT debe implementarse de unidades que permitan mantener una adecuada gestión ambiental, lo que representará un aumento en el consumo de combustible y el gasto generado.

Encontrar soluciones energéticas que permitan mantener el ritmo de crecimiento mundial sin afectar al ambiente depende del compromiso de todas las naciones, especialmente de aquellas que son responsables en mayor medida del crecimiento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. (Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, AAPC, 2010)

En este contexto, el presente trabajo de investigación busca proponer un sistema de logística inversa de aprovechamiento energético de llantas inservibles para reducir su impacto ambiental y, al mismo tiempo, generar combustible que pueda ser utilizado por el SEGAT con el objetivo de reducir el gasto destinado al consumo de esta fuente de energía.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto en el impacto ambiental y el gasto por consumo de combustible en el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo mediante un sistema de logística inversa de llantas inservibles?

1.3 Delimitación de la investigación

El presente trabajo de investigación, por medio de la aplicación de herramientas de medición de impacto ambiental y de análisis económico financiero, presentará una propuesta de gestión de logística inversa de aprovechamiento energético de llantas inservibles para producir combustible alternativo con el objetivo de reducir los gastos estimados por el SEGAT en el consumo del mismo. Se tomará como referencia la información proporcionada por esta entidad, así como de investigaciones previas y empresas especializadas en la implementación de estos sistemas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Reducir el impacto ambiental y gasto por consumo de combustible en el SEGAT a través de la propuesta de un sistema de logística inversa de reutilización de llantas inservibles.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Analizar la situación actual del botadero “El Milagro”
- ✓ Determinar la disponibilidad de llantas inservibles.
- ✓ Describir el sistema de logística inversa de aprovechamiento energético de llantas inservibles.
- ✓ Valorar la reducción del gasto por consumo de combustible.
- ✓ Valorar la reducción del impacto ambiental.
- ✓ Analizar la viabilidad económica del sistema propuesto.

1.5 Justificación

Ante la creciente necesidad del uso del transporte, el consumo de combustible y la producción de neumáticos también incrementan constantemente. El combustible, como fuente de energía no renovable, despierta el interés de analizar fuentes alternativas para su obtención. Sin embargo, las llantas, aparentemente inofensivas con el medio ambiente, no presentan antecedentes de estudios sobre su destinación final provocando problemas en la salud, flora, fauna, suelo y atmósfera.

Este proyecto permitirá reducir el impacto ambiental generado por el descarte inadecuado de llantas inservibles en el medio ambiente por medio de un sistema de logística inversa que aprovecha la capacidad energética de las mismas, dándoles utilización una vez culminada su vida útil.

De esta manera, se generará combustible alternativo para ser utilizado por el SEGAT en el Botadero “El Milagro” principalmente, reduciendo de forma parcial el gasto estimado por el consumo de esta fuente energética, aplicando metodologías, técnicas y herramientas de ingeniería acordes con las normativas nacionales.

Por otro lado, el presente proyecto tiene a fin formar las bases metodológicas y proveer herramientas esenciales que permitan realizar una gestión óptima de reutilización de material inservible contribuyendo con el desarrollo sostenible de la región.

1.6 Tipo de Investigación

El presente trabajo es una investigación de tipo aplicada debido a que se emplearán conocimientos y herramientas adquiridas durante el periodo de estudio, para reducir los gastos en el SEGAT y, al mismo tiempo, resolver los problemas ambientales generados por las llantas inservibles.

1.7 Hipótesis

La propuesta de un sistema de logística inversa de llantas inservibles reduce el impacto ambiental y el gasto por consumo de combustible del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo.

1.8 Variables

1.8.1 Sistema de variables

Variable Independiente:

- Sistema de Logística Inversa de Llantas Inservibles

Variables Dependientes:

- Gasto por Consumo de Combustible
- Impacto Ambiental de las Llantas Inservibles

1.8.2 Operacionalización de Variables

Tabla 3: Operacionalización de las variables

Problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fórmulas
¿Cuál es el efecto en el impacto ambiental y el gasto por consumo de combustible en el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo mediante un sistema de logística inversa de llantas inservibles?	La propuesta de un sistema de logística inversa de llantas inservibles reduce el impacto ambiental y el gasto por consumo de combustible del Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo.	V1: Sistema de Logística Inversa de Llantas Inservibles	Proyección de llantas inservibles disponibles	$y = ax + b$ $y = ab^x$ $y = ax^2 \pm bx \pm c$ $y = ax^b$ $y = a \cdot \ln(x) + b$
		V2: Gasto por Consumo de Combustible	VAN positivo TIR mayor a cero	$VAN = -I + \frac{R(1-(1+i)^{-n})}{i}$ $TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i}$
		V3: Impacto Ambiental de las Llantas Inservibles	Ecoindicadores	$VI = (REL/6) * N * (3*I + 2*AI + PZ + PE + RV + S + AC + RCE + RM + RE)$ Donde: <i>VI = Valor Impacto</i> <i>REL = Relevancia de la componente</i> <i>N = Naturaleza del impacto</i> <i>I = Grado de incidencia</i> <i>AI = Área de influencia</i> <i>PZ = Plazo de manifestación</i> <i>PE = Permanencia del Efecto</i> <i>RV = Reversibilidad</i> <i>S = Sinergia</i> <i>AC = Acumulación</i> <i>RCE = Relación Causa Efecto</i> <i>RM = Regularidad de Manifestación</i> <i>RE = Recuperabilidad</i>

Fuente: Elaboración propia

1.9 Diseño de la Investigación

La investigación que se realizará es de tipo no experimental - longitudinal, pues se basa fundamentalmente en la observación de los en su contexto natural, problemas tal y como se presentan, con grado de control mínimo sobre las variables, puesto que la investigación es una propuesta de mejora para el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Internacionales:

a) Antecedente N° 1:

Título: Análisis de Viabilidad de la Valorización Energética de Neumáticos Inservibles mediante Procesos de Pirolisis. Facultad de Ingeniería, UAM, Sao Paulo, Brasil, 2015.

Autores: José Rodrigo García Quiroz y Alexandra Marlene Reyes Luna Victoria

Conclusiones:

- Actualmente los neumáticos radiales son los que tienen mayor producción en Brasil y el mundo, debido a tener una mayor resistencia a tracción. Esa calidad aumenta el tiempo de degradación de este material cuando es descartado.
- Las tecnologías en la fabricación de llantas están basadas en reducir el negro de humo siendo sustituido por sílica, principalmente, en la elaboración de los neumáticos radiales, lo que reduce la generación de gases contaminantes cuando la llanta es quemada, sin embargo tiene más acero en su composición.
- Actualmente, vienen siendo desarrollados diversos métodos de reutilización y destinos finales de llantas, no obstante, hay pocas investigaciones que relacionan el aprovechamiento energético del neumático por gasificación, por la fusión de pirolisis y combustión de este material para generar energía eléctrica de forma limpia.
- En el 2012, solamente el 0.07% de llantas recicladas fueron destinadas para procesos de pirolisis lo que es traducido en la falta de inversión en estudios sobre estos procesos.
- Existen diversas regulaciones ambientales que se enfocan en las emisiones de gases de combustión de diferentes, sin embargo, aún no tienen normativas que regulen específicamente este tipo de procesos, por lo que los resultados fueron con base en las emisiones generadas.
- El sistema analizado es ambientalmente adecuado. La aplicación de filtros cerámicos en el horno de la pirolisis permite retener la dioxina generada, a temperatura de 300°C, en 99%; cumpliendo con lo especificado por los entes reguladores, los cuales exigen un filtrado mayor del 97% de efectividad.

- El PCI del gas generado por la pirolisis inicial del sistema no es suficiente para generar energía eléctrica que pueda ser reutilizada por el propio sistema, razón por la cual generalmente es estudiado con el PCI del óleo que es mayor que el del gas. Sin embargo, se necesita de un sistema de más complejidad para la correcta destilación de este producto.
- La forma de aumentar el poder calorífico del gas de pirolisis de neumáticos es haciendo una segunda combustión donde los gases sean quemados a más de 800°C para, por un lado, cumplir con las especificaciones ambientales y, por otro lado, generar el vapor necesario para alimentar o sistema de generación de energía eléctrica.
- Energéticamente, el sistema es viable debido a que, con una eficiencia de 31%, produce 620,11 KW y consume 609 KW, por procesamiento. O sea, se puede reabastecer con la energía generada y tiene un excedente destinado a las ventas.
- En la evaluación económica de este sistema permite observar que es viable, no obstante, la inversión inicial tiene un valor de R\$ 937.112,34, lo cual es un valor considerablemente alto para una persona que quiera emprender en este sector.
- La tasa interna de retorno estimada es de 25.52% considerando un TMAR de 8,5%. Con estos datos, el retorno de la inversión calculado es de 3 años y 9 meses.
- Los resultados de este trabajo fueron basados en la simulación de un sistema ideal generada en el estudio de otros trabajos experimentales.

b) Antecedente N°2:

Título: Sistema de Carbón Activado y Aceite Combustible a partir de Caucho de Llantas Usadas. Facultad de Ingeniería Química, UEC, Campinas, Brasil, 2008.

Autora: Carla Fabiana Scatolim Rombaldo

Conclusiones:

- Los experimentos realizados demuestran que es posible producir aceite combustible y carbón activado a partir de llantas usadas, contribuyendo para la minimización de los problemas ambientales y económicos enfrentados por la sociedad y por la ANIP (Asociación Nacional de la Industria de Neumáticos). La aplicación en larga escala contribuye para la disminución del volumen de llantas usadas descartadas en el medio ambiente, y proporcionaría un valor agregado a neumático usado.

- Con base en los datos de la bibliografía y disponibilidad de los equipos fue realizado un planeamiento experimental para la activación con vapor de agua y dióxido de carbono del residuo sólido de la pirolisis, donde los resultados mostraron que la variable más significativa del proceso de obtención de carbón activado es la temperatura. Para la respuesta del rendimiento, la temperatura presentó efecto negativo, indicando que un aumento en su nivel lleva a una disminución del rendimiento del carbón activado. Ya para la respuesta del área superficial, para maximizar sus valores, se debe trabajar con temperaturas más altas.
- El carbón activado con vapor de agua presentó un rendimiento medio en masa de 39% en relación a la masa inicial, y área superficial específica promedio de $113\text{m}^2.\text{g}^{-1}$, en cuanto que el carbón activado obtenido por oxidación con el dióxido de carbono presentó área superficial de $93\text{ m}^2.\text{g}^{-1}$, para el mismo promedio de rendimiento.
- Comparando las características porosas de los carbones activados obtenidos por diferentes gases activantes, dióxido de carbono y vapor de agua, el CO_2 favoreció a la formación de micro y mesoporos, ya el vapor de agua acabó generando un carbón predominante macroporoso. Por lo tanto se concluye que, el CO_2 es más agresivo que el vapor de agua. Además de eso, los resultados presentados muestran un comportamiento similar a los de la bibliografía, sin embargo con valores inferiores, una vez que se utilizó un sistema experimental y una ventana de operación diferente a los relatos en la literatura.
- Para la producción de aceite combustible las variables más significativas fueron la temperatura y presión. La temperatura con efecto positivo y la presión con efecto negativo, pues para el sistema estudiado, cuanto menor es la presión, menor es el tiempo de residencia de los volátiles dentro del reactor lo que impide la formación de reacciones secundarias.
- Los aceites obtenidos a vacío y en presión atmosférica presentan prácticamente el mismo poder calorífico, en torno de 9800 kcal.kg^{-1} , lo que los caracterizan como una buena fuente de energía. Las diferencias más pronunciadas entre estos dos aceites fue el contenido de agua, contenido de azufre, el punto de ebullición y viscosidad. El proceso a vacío favorece la obtención de un aceite con menor contenido de agua y un punto de ebullición más alto; los procesos en presiones

atmosféricas favorece la producción de un aceite menos viscoso y con un contenido de azufre menor.

- El proceso para la obtención de carbón activado y aceite combustible a partir de caucho de llantas usadas puede ser considerado un proceso de desarrollo sustentable, una vez que todos los productos de la pirolisis puedan ser directamente utilizados, pues tiene como producto el aceite que puede ser usado directamente como combustible, bien como en diversos procesos en la industria petroquímica. Los gases pueden ser usados como directamente como fuente de energía en el mismo proceso. El carbón activado puede ser empleado en procesos de absorción tanto en fase líquida como en su fase gaseosa, inclusive utilizado en procesos de absorción para el tratamiento de agua y desagüe.

2.1.2 Nacionales

Título: Efecto de la Incorporación por Vía Seca, del Polvo de Neumático Reciclado, como Agregado Fino en Mezclas Asfálticas. Facultad de Ingeniería, USMP, Lima, Perú, 2014

Autores: Luis Enrique Fajardo Cachay y Douglas Alfonso Vergaray Huamán

Conclusiones:

- El material reciclado de los neumáticos desechados, en este caso el caucho, puede usarse de manera confiable para mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas usándolo como agregado. La utilización de este reciclado traerá beneficios ambientales, ya que el residuo se valoriza y solucionará el problema de la mala disposición final de ellos, reduciendo así la contaminación.
- Existen mejoras técnicas, sociales, ambientales y económicas, si se piensa utilizar los neumáticos en desuso con fines de beneficio.

2.2 Base Teórica

2.2.1 Logística

2.2.1.1 Definición:

Alemán (2014) afirma que la logística tiene muchos significados. La logística se relaciona con la administración del flujo de bienes y servicios, desde la adquisición de las materias primas e insumos, hasta la entrega del producto terminado con un

menor costo y un excelente servicio al cliente. Sin embargo, frecuentemente, el término “logística” es asociado con la distribución y transporte de productos terminados.

La Universidad Abierta y a Distancia (UNAD, 2007) publicó en su página oficial que según la definición oficial de la norma X50-600 de la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), "La logística es una función cuya finalidad es la satisfacción de las necesidades expresadas o latentes, a las mejores condiciones económicas para la empresa y para un nivel de servicio determinado".

Sin embargo, añade la UNAD (2007), la logística no sólo centra su atención en la gestión de flujos físicos, sino también de información, la cual comienza en la fuente de aprovisionamiento y acaba en el punto de consumo.

Para Rouse (2010) los flujos principales de la cadena de suministros son:

- Flujo de productos: comprende el movimiento de mercancías desde los proveedores a los clientes, así como las devoluciones realizadas por éstos, o servicios de post venta.
- Flujo de información: se refiere a la comunicación de pedidos y la actualización de la información sobre los estados de entrega.
- Flujo financiero: integrado por las condiciones de crédito, los calendarios de pago y las disposiciones de consignación y titularidad.

El grupo de Logística de la Universidad de Antioquia (2003), mediante una publicación en su página web oficial, añade que el concepto logístico aplicado en las empresas juega un papel de integración de las actividades que tienen que ver con el aseguramiento de un flujo dirigido a proveer al cliente los productos y servicios que demanda en el momento que lo demanda, con la calidad exigida y al costo que está dispuesto a pagar.

Al ser una herramienta integradora, las empresas deben centrarse más en la reducción del costo total, que en la de costos de actividades por separado. Según Gómez, estos costos se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Costos de almacenamiento
- Costo de procesamiento de órdenes y sistema de información
- Costo de cantidad de lote
- Costo de mantenimiento del inventario.

Por lo tanto, la logística es un modelo, un mecanismo de planificación; que permitirá incluso reducir la incertidumbre en un futuro desconocido, buscando gerenciar

estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado por medio de la aplicación de sistemas logísticos.

2.2.1.2 Sistemas Logísticos:

El sistema logístico permite mantener una coordinación permanente de todos los elementos a partir de mantener la subordinación del funcionamiento y organización de cada uno a determinados parámetros generales del sistema por medio de un satisfactorio balance dinámico.

Suárez (2015) añade que todo sistema logístico de gestión está estructurado sobre la base de los siguientes elementos:

- Adquisición y su control: El control de las adquisiciones es parte de la actividad diaria de este elemento con la finalidad de que los materiales lleguen oportunamente y de evitar duplicidades.
- Almacenes: Se consideran como elemento del sistema todos los tipos de almacenes, porque el sistema logístico comprende desde su origen o fuente de abastecimiento hasta su entrega al último usuario.
- Inventarios y su control: Los inventarios deben actuar como amortiguadores, esta función de amortiguación se realiza mediante el almacenaje de los materiales y su control permanente para conseguir una renovación adecuada que facilite la fabricación, adquisición y transporte de aquellos artículos necesarios no existentes.
- Medios de transporte y de manipulación: Incluye no solo los movimientos hacia la planta o dentro de ella sino también los que se producen entre los almacenes y aquellos considerados en la distribución física o sea hacia los clientes.
- Comunicaciones: Es conveniente considerar las necesidades de comunicación y los medios que para ello se requieren, de manera de estar en aptitud de enviar o recibir información sobre materiales, precios, cantidades hacia sus proveedores, clientes, distribuidores, etc.
- Planeamiento y control de producción: Determina el cálculo detallado de los requerimientos de materia prima, semi-elaborados, piezas y partes, etc., así como su disponibilidad, adquisición o fabricación en la propia empresa, además debe efectuar el seguimiento en la ejecución de los planes.

- Personal: En el sistema logístico no todo se refiere a facilidades físicas, sino también hay que incluir al personal que acciona, dirige y trabaja dentro de él.

El equipo de logística de la Universidad de Antioquia (2003) afirma que la empresa, en las distintas partes, aplica creativamente distintos sistemas de gestión de probada efectividad internacional, tales como:

- MRP (*Manufacturing Resources Planning*),
- Kanban,
- LOP (*Load Oriented Production*),
- OPT (*Optimized Production Technology*),
- Balance de línea o Número de Progreso,
- Producción Sincronizada,
- Gestión Integrada de la Producción,
- Gestión de Proyectos,
- DRP (*Distribution Requierement Planning*),
- JIT (*Just-in-Time*), QR (*Quick Response*), y otros;

2.2.1.3 Cadena de Suministros

La cadena de suministros es un proceso de funcionamiento cuyo fin es asegurar una gestión y una sincronización del conjunto de los procesos que permite a una empresa y sus proveedores responder a las necesidades de los clientes finales. El cliente es la razón de ser de toda empresa, es decir, la empresa vive porque el cliente quiere y lo que el cliente quiere es un buen producto, a tiempo, novedoso y accesible. (Acosta, 2013)

Es decir, la cadena de suministro es la red de organizaciones conectadas e interdependientes trabajando juntas en forma cooperativa para controlar, manejar y mejorar el flujo de materiales e información desde los proveedores hasta los usuarios finales, desde la etapa de materias primas.

Figura 8: Cadena de Suministros



Fuente: Acosta (2013)

Una buena gestión de la cadena de suministros representa una ventaja competitiva para la empresa colocando en el centro del sistema la satisfacción de las necesidades del cliente.

De la Garza (2014) también afirma que la correcta gestión de la cadena de suministro debe considerar todos los acontecimientos y factores posibles que puedan causar una interrupción de los flujos.

Asimismo, la relación con el cliente debe ser permanente y tener acceso en cualquier momento a la información sobre el estado de su pedido y sobre el proceso productivo del mismo.

Las empresas tienen en ejecución distintas alianzas con otras empresas que participan en el resto de la cadena de suministro hasta llegar al cliente final con el criterio de mejorar el servicio conjuntamente con una mayor racionalización de los procesos logísticos, y, de esta manera, alcanzar una alta competitividad en el mercado.

Una exitosa cadena de suministros permitirá entregar al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible.

2.2.1.3 Evolución de la Logística:

La logística se inició en el contexto militar donde la organización tendía a atender el movimiento y el mantenimiento de las tropas en campaña. En tiempos de guerra, la eficiencia para almacenar y transportar los elementos resulta vital; de lo contrario, los soldados pueden sufrir la escasez de medios para enfrentar la dureza de los enfrentamientos. (UNAD, 2007)

Sin embargo, el mundo empresarial, sólo hasta después de la segunda guerra mundial, empezó a tomar en cuenta y a recalcar su importancia a través de la historia.

En términos generales, la logística ha evolucionado desde el manejo del flujo de materiales hasta la logística integral.

Alemán (2014), destaca el estudio realizado por Donald Bowersox, en el cual clasifica a la evolución de la logística en tres etapas:

a) Primera etapa (de 1950 a 1964):

Esta etapa fue denominada “Origen y nueva dirección”. El reto de ésta época estuvo orientado hacia el concepto de la distribución física debido a que en los años de Post guerra, la proliferación de productos y la comercialización sin orden forzaron una reacción de los administradores frente al problema de la falta de control en la distribución física en el mercado, considerando que los costos de la distribución van entre el 10 y 30 % de las ventas.

b) Segunda etapa (de 1965 a 1990):

“Los años de la maduración del manejo de materiales y distribución física”. El énfasis puesto en el servicio al cliente durante este periodo fue el factor más importante en la maduración de la administración de la distribución física y de la logística.

También en este periodo ocurrió la integración del manejo de materiales y la distribución física.

Aparece el proceso de planeación y control eficiente y efectivo en costo del flujo y almacenamiento de materias primas de los inventarios de productos en proceso y terminados, así como del flujo de la información respectiva desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de cumplir con los requerimientos de los clientes, por tanto se incluye los flujos tanto internos como externos de materiales.

Dentro de esta segunda etapa, la década de los 80’s se caracterizó por estar basado en el “modelo de optimización de los procesos que componen la cadena de suministro”. En esa década surge el despegue del mercado de cadena de suministros y la aplicación de nuevas tecnologías como el uso del teléfono y en forma incipiente correo electrónico.

c) Tercera etapa (década de los 90’s):

Esta etapa se caracteriza por la migración a un modelo de optimización de los procesos internos de manera integrada, desde el abastecimiento, a la distribución y al cliente final.

Asimismo, se incrementó el auge de los Software específicos de cadena de suministros y de herramientas relacionadas como catálogos electrónicos y mercados virtuales.

En pleno siglo XXI, la gestión de cadena de suministros se convierte en un elemento clave en la estrategia de las compañías, basado en un modelo de integración sincronizada de la cadena de suministro desde el proveedor de origen hasta el consumidor final. (Aleman, 2014).

2.2.1.4 Logística Internacional

La tendencia actual, es cumplir con todas las necesidades de los clientes dentro de un marco competitivo. En este contexto la globalización asume un papel fundamental. (Reyes, 2002)

El avance tecnológico de la globalización ha eliminado las fronteras de la logística dando paso a un nuevo concepto de logística internacional.

La logística internacional hace referencia al conjunto de actividades asociadas, cuyo objetivo es el flujo de información y materiales a nivel mundial, que inicia con el abastecimiento de materia prima en determinado país, para finalizar con la entrega del producto final al consumidor en el país de destino. Ésta se basa en la teoría de la oferta y la demanda, sirviendo de herramienta primordial de mercado permitiendo a su vez el crecimiento económico de los países, orientando su producción al cliente, para lo cual ha sido necesario implementar un marketing mundial con logística internacional moderna.

Para controlar todo tipo de transacciones internacionales, la Cámara de Comercio Internacional (CCI) creó los INCOTERMS (*International Commercial Terms*), a partir de 1936 (Con revisiones en 1953, 1980, 1990, 2000 y 2010).

Su principal objetivo fundamental consiste en establecer criterios definidos sobre la distribución de los gastos y la transmisión de los riesgos entre las dos partes, compradora y vendedora en un contrato de compraventa internacional.

Para una correcta declaración del Incoterm, se consideran como equivalentes los siguientes Incoterms:

- FOB equivalente con FCA

- CFR equivalente con CPT
- CIF equivalente con CIP
- Del Despachador de Aduana

La globalización implica transportar cada vez más productos a mayores distancias, el manejo óptimo de todos los recursos implicados puede no sólo significar mejores resultados financieros, sino la supervivencia de la propia empresa.

Molins (2011) añade que el transporte internacional debe ser efectuado en tal forma que la mercancía llegue a su destino en las condiciones de contrato. Es decir, debe llegar sin daño ni menoscabo alguno en su naturaleza, en el plazo acordado y al precio estipulado.

Según SUNAT (2016), el gasto de transporte, aceptado para la determinación del valor en aduana de las mercancías importadas, comprende todos aquellos gastos que permiten poner la mercancía en el lugar de importación, sin perjuicio de quien reciba o efectúe el pago, incluyendo los gastos conexos pagados por el transporte de las mercancías hasta el puerto o lugar de importación, tales como:

- *THC (Terminal Handling Charge)*.- Pago realizado por el servicio de manipuleo de contenedores prestado en el país de embarque.
- *INLAND FREIGHT*.- Flete interno en el país de exportación desde el almacén del vendedor hasta el puerto de embarque.
- *PICK UP*.- Pago realizado por el servicio de recojo de la mercancía en el almacén del vendedor y colocarla en el medio de transporte para su traslado en el país de embarque.
- *BAF (Bunker Adjustment Factor)*.- Pago realizado por concepto de ajuste del flete como consecuencia de un incremento del precio del combustible.
- *HANDLING*.- Pago realizado por recibir los documentos de transporte en destino.
- *COLLECT FEE*.- Pago realizado por el derecho de cancelar el flete en destino.

Cuando se cuente con la información de los pesos brutos individuales de cada mercancía, el flete será calculado en forma proporcional al peso bruto manifestado o rectificado, de cada una de las series en relación al valor del flete total:

$$Flete\ de\ la\ serie = \frac{Flete\ total\ x\ Peso\ Bruto\ de\ cada\ serie}{Peso\ Bruto\ Total}$$

Asimismo, también se debe considerar el gasto del seguro. El seguro se refiere al costo del servicio necesario para cubrir los riesgos de daños o pérdidas durante el transporte, carga, descarga y manipulación de las mercancías hasta el lugar de importación. (SUNAT, 2016)

- Para el cálculo de la prima o gasto de seguro de la mercancía asegurada debe haberse considerado dos elementos: la suma asegurada y el porcentaje de la prima *Derechos AD – Valorem*: Derecho arancelario grava la importación de las mercancías. Base imponible: valor CIF aduanero determinado según el Acuerdo del Valor de la O.M.C, con una tasa impositiva de 0%, 4%, 6% y 11%, según subpartida nacional.
- Impuesto Selectivo al Consumo –ISC: impuesto indirecto que, a diferencia del IGV, solo grava determinados bienes (es un impuesto específico); una de sus finalidades es desincentivar el consumo de productos que generan externalidades negativas en el orden individual, social y medioambiental, como por ejemplo: las bebidas alcohólicas, cigarrillos y combustibles.
- Impuesto General a las Ventas –IGV: Este tributo grava la importación de todos los bienes, salvo las excepciones previstas en la normatividad que la regula. Su base imponible está constituida por el valor CIF aduanero determinado según el Acuerdo del Valor de la O.M.C. más los derechos arancelarios y demás impuestos que gravan la importación, con una tasa impositiva del 16%.
- Impuesto de Promoción Municipal –IPM: Este tributo grava la importación de los bienes afectos al IGV, y su base imponible es la misma que corresponde al IGV. Su tasa impositiva es del 2%.
- Régimen de Percepción del IGV – Venta Interna: Está conformado por el valor CIF aduanero más todos los tributos que gravan la importación y, de ser el caso, la salvaguardia provisional, los derechos correctivos provisionales, los derechos antidumping y compensatorios. Porcentajes sobre el importe de la operación: (tasa) fijada por la compañía aseguradora. Generalmente, lo asegurado equivale al valor FOB facturado de la mercancía, al valor CFR, o también al valor CFR más un porcentaje de sobreseguro.

Para determinar el valor del seguro en las importaciones de mercancías no aseguradas se consideran las tarifas normalmente aplicables a los contratos de seguro de importaciones al Perú, empleándose para tal efecto la Tabla de Porcentajes Promedio de Seguro (TPPS).

Por otro lado, según la SUNAT (2016), la importación de mercancías está gravada con los siguientes tributos:

- ✓ 10% Cuando el importador se encuentre a la fecha en que se efectúa la numeración de la DAM o DSI.
- ✓ 5% Cuando el importador nacionalice bienes usados.
- ✓ 3.5% Cuando el importador no se encuentre en ninguno de los supuestos antes mencionados.

2.2.2 Logística Inversa

2.2.2.1 Definición y Conceptos

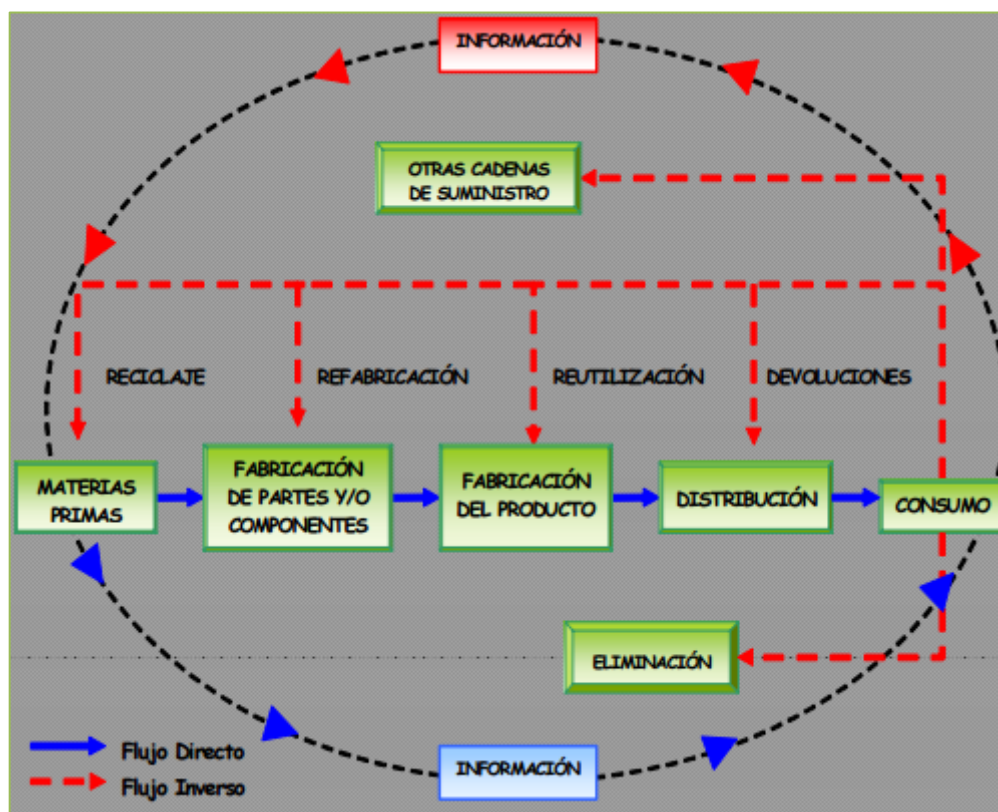
Según Rogers y Tibben-Lembke (1998), citados por López (2008), refieren que la logística inversa puede ser definida como el proceso de planificación, implantación y control del flujo de materias primas, los materiales en curso de fabricación y los productos terminados, así como de la información relacionada, desde el punto de consumo hasta el punto de origen, de manera eficiente, con el objetivo de recuperar el valor de los materiales o asegurar su correcta eliminación.

Rubio (2003) considera que la existencia de un flujo inverso en la función logística puede amplificar las capacidades competitivas de la empresa, pues crea un incremento en los recursos sobre los que se pueden desarrollar potencialidades y conseguir así una ansiada ventaja competitiva sostenible.

Para Rubio (2003) distintos autores que describen el concepto de Logística Inversa la definen con independencia del flujo directo, es decir, al describir los conceptos de logística inversa no consideran el flujo “consumidor – origen” en tales descripciones; del mismo modo que, en las definiciones tradicionales del concepto de Logística se omite la función inversa o de retorno de la misma.

Según Rubio (2003) el flujo inverso de la logística hace referencia tanto a la recuperación como a la devolución de los productos y materiales aptos de ser reintroducidos en el proceso productivo de la empresa o en procesos diferentes y al flujo de información que se establece desde el consumidor hasta el recuperador.

Figura 9: Flujos en el Sistema Logístico



Fuente: Rubio (2003)

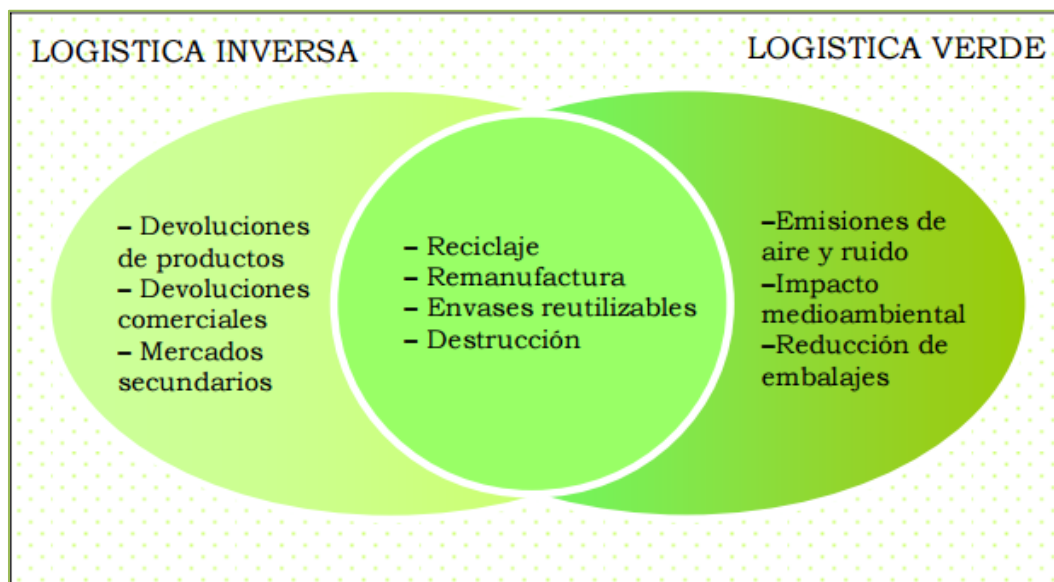
En muchas ocasiones, las empresas que manejan el concepto de Logística Inversa, adoptan la perspectiva de devoluciones o el punto de vista de recuperación de productos, es decir, de manera excluyente. Las compañías por lo general consideran que al utilizar un sistema de devoluciones eficiente, el sistema no puede ser utilizado y/o adaptado para recuperar los productos fuera de uso. *“De esta forma, podemos hablar de una logística de devoluciones y de una logística para la recuperación como dos realidades que coexisten en el concepto de Logística Inversa”*. (Rubio, 2003)

Ambos aspectos, de logística de devolución y logística de recuperación, describen un flujo de materiales, productos e información desde el consumidor hasta el fabricante o el recuperador, por lo que ambos subconceptos hacen parte del concepto general de la Logística Inversa.

López (2009) dice que así que los productos sean reintroducidos en la cadena de suministros, la empresa debe realizar una gestión eficiente de los mismos de manera para que obtenga un valor añadido por ello o de lo contrario que facilite su adecuada eliminación.

López (2009) hace mención del término “Logística Verde”, la cual – describe - tiene una diferencia importante respecto a la logística inversa: logística inversa son todos los esfuerzos de mover productos para recobrar valor; logística verde es el proceso de reducir al mínimo el impacto ecológico de la logística, en todos los puntos de la cadena de valor.

Figura 10: Logística Inversa y Logística Verde



Fuente: López, 2009

Una vez que el producto ha llegado a la empresa, debe elegirse la utilización que se le dará a la misma. Esta es una de las actividades más importantes dentro de la función de la Logística Inversa, algunos de los usos que se les pueden dar se muestran en la tabla n°3.

Tabla 4: Tipo de Actividades

Tipo	Canal de Distribución	Usuario Final
Productos	<ul style="list-style-type: none"> - Devoluciones por ajustes de stock - Devoluciones por políticas comerciales - Fin de gama, temporalidad - Deterioro durante el tránsito 	<ul style="list-style-type: none"> - Defectuosos / No deseados - Devoluciones por garantía - Retirados - Normativa medioambiental
Embalajes	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos reutilizables - Embalajes multiuso - Destrucción 	<ul style="list-style-type: none"> - Reutilización - Reciclaje - Destrucción

Fuente: López (2009)

En términos generales se puede decir que la Logística Inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de las devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales o excesos de inventario. En algunos países existen ya directivas comunitarias (y en países que aún no las tienen, existe la tendencia que próximamente las incorporen) que obligan a la recuperación o reciclado de muchos productos: bienes de consumo, envases y embalajes, componentes de automoción, material eléctrico y electrónico, lo cual implica que en los próximos años haya una importante modificación en los procesos productivos y, además, una oportunidad como nuevo mercado para muchos operadores de transporte, almacenaje y distribución. En los próximos años la logística inversa va a suponer una importante revolución en el mundo empresarial y es muy probable que se convierta en uno de los negocios con mayor crecimiento. (Universidad Autónoma de México -UNAM-, 2010).

2.2.2.2 Importancia de la Logística Inversa

Los avances tecnológicos han mejorado la calidad de vida de la sociedad al desarrollar nuevas tecnologías y explotar los recursos disponibles, sin embargo, ello también trae consigo la degradación del medio ambiente. (López, 2009)

Entre los aspectos que se pueden considerar a la hora de analizar el papel de la empresa con el medio ambiente, uno de los más estudiados es la gestión de los residuos generados durante el ejercicio de su actividad. Las organizaciones realizan múltiples tareas en las que generan una serie de subproductos que, hasta hace poco tiempo, no tenían otro final que el vertedero. En tiempos anteriores existía poca preocupación por la cantidad y calidad de estos subproductos que en su mayoría eran directamente desechados, convirtiéndose así en residuos industriales con efectos negativos sobre el entorno. (Rubio, 2003)

Según López (2009) las técnicas de buscar ventajas que permitan aminorar o evitar los efectos negativos al medio ambiente recuperando o utilizando menos recursos, empleando energía renovable, tecnologías limpias y productos menos nocivos, pueden reducir la contaminación generadas por las compañías.

Las empresas influidas principalmente por normas cada vez más condicionantes con respecto a la generación de residuos han empezado a considerar la utilización de procesos productivos más limpios, obteniéndose así mayores cotas de bienestar medioambiental. (Rubio, 2003)

Afirma Rubio (2003) que para las empresas la gestión de los residuos simboliza costes económicos altos por lo que, en muchas ocasiones, prefieren pagar por contaminar. Así mismo señala que, la industria es uno de principales generadores de residuos, aun asumiendo una responsabilidad compartida junto a gobiernos y consumidores, el rol de las empresas en la degradación del planeta es particularmente relevante. Por ello, es fundamental que la gestión de residuos no afecte la posición competitiva de la compañía; así, ésta no actuaría por presiones sociales ni legales, y sí con el objetivo de obtener un beneficio económico.

Para López (2009), la gestión medioambiental en las empresas se inició siendo un problema para las mismas, debido a la falta de experiencia y desconocimiento, pero poco a poco se ha ido convirtiendo en una característica de ventaja competitiva, pues permite diferenciar la imagen corporativa en el mercado al elaborar o proveer productos y servicios amigables con el entorno. Esta preocupación, se ha extendido en toda la red de abastecimiento, causando efectos en todas las etapas reduciendo de esta forma el impacto sobre el medio ambiente.

La logística inversa tiene un rol fundamental dentro de las organizaciones para “adquirir conciencia, valores y actitudes”, de la mano de técnicas y comportamientos ecológicos y éticos que favorezcan la competitividad dentro de las organizaciones, avanzando con la creación de valor agregado y de ganancias, además de contribuir a generar una política que ayude a cuidar el medio ambiente. (Álvarez, et al., 2014)

Una de las principales ventajas de aplicar la Logística Inversa en una empresa, en términos del entorno, es la reputación de la misma como líder en actividades de recuperación positivas para el medio ambiente, lo cual reforzaría la posición de la organización en el mercado, incrementando las ventas entre los consumidores más sensibilizados con estos aspectos. (Rubio, 2003)

Según la UNAM (2010), existen por lo menos tres factores para el impulso de la Logística Inversa en una empresa:

- a) Costo – beneficio: mejores productos con costo de producción más bajo debido a la recuperación del valor de envases, empaques, embalajes y unidades de manejo reciclables.
- b) Cumplir con requerimientos legales: protección de la salud y del ambiente, en algunos casos, consideraciones de disminución de costos (impuestos) por procesamiento de residuos.

- c) Responsabilidad social: comúnmente impulsado por organizaciones no gubernamentales y asociaciones de consumidores que, apoyados en su poder de compra, buscan productos más seguros y ambientalmente amigables.

Uno de los problemas más importantes a resolver en la nueva estructura organizativa es disponer en la empresa personas responsables de las actividades de la Logística Inversa para favorecer la coordinación entre ellas. Estas disposiciones deberían promover la maximización de la eficiencia y la minimización de los costes, ya que la logística inversa será cada vez más una actividad fundamental para todo tipo de empresa. La atención que se le dará a la organización logística y a su disposición organizativa depende de la naturaleza de cada compañía en particular, pues cada una deberá definir un grado de importancia y evaluar las características de los productos que comercializan y que retiran de sus clientes. (López, 2009)

2.2.2.3 Sistemas de Logística Inversa

Una ventaja que proporciona tener un buen sistema de logística inversa es la de fidelizar a los clientes o hacer que los costos de cambio de proveedor incrementen; para lograrlo se debe aumentar la capacidad de aceptar y dar solución a las devoluciones ya sea de mercancía defectuosa, productos no deseados o porque el cliente cree que no resuelve sus necesidades (López, 2009)

López (2009) indica que ya recibidos los productos, la empresa debe plantearse si los mismos son reutilizables o no; de serlo, se debe estimar el resultado de desmontaje y/o inspección sobre los componentes defectuosos o los productos usados y escoger en qué línea del proceso se realizará. Una vez que se ha completado este paso debe evaluarse cómo el recurso recuperado va a integrarse a la fabricación o refabricación del producto.

López (2009) refiere que también existen aspectos importantes dentro de la estructura financiera que están relacionados con la logística inversa, como son:

- influencia del producto respecto al valor añadido aportado por su recuperación
- acciones de recuperación adecuadas (refabricar, reutilizar, reparar o destruir)
- consecuencias económicas de implementar un sistema de logística inversa a corto, mediano y largo plazo.

El sistema deberá ser flexible para manejar los diversos casos de devoluciones de productos que se presentan y decidir rápidamente qué hacer con ellos al momento

que sean aceptados y estén a disposición de la organización, con el objetivo de recobrar el mayor valor de estos artículos, contribuyendo de manera positiva a los resultados, tanto si se cuenta con el producto total o partes de él como de la disposición del mismo de acuerdo con las normas de protección ambiental (López, 2009).

Según lo aportado por la UNAM (2010), existen algunos elementos clave para direccionar adecuadamente un sistema de logística inversa. Ellos son:

- Filtro de entrada y ciclos de tiempo: se trata establecer requisitos para los procesos de devoluciones, pues gran parte depende de la agilidad en la toma de decisiones del personal encargado en cuanto a la aceptación de un pedido/producto devuelto, por lo que se debe definir un mecanismo para cada tipo de devolución.
- Sistemas de información de la logística inversa: Aún no existe un software especializado para este propósito, así que la elección será desarrollar un sistema a medida o implementar y modificar uno con el que ya se cuente. En ambos casos, el software, deberá ser tener la flexibilidad suficiente para manejar la variedad de casos que se puedan presentar, y lo suficientemente complejo para funcionar bien a través de los diferentes departamentos de la empresa. Para que el software o sistema de información sea exitoso, este deberá crear una base de datos con información significativa que pueda ayudar en el seguimiento a cada caso de devolución como de los costos que implica cada uno.
- Centros de Devolución Centralizados (CDC): En estas instalaciones los productos serán ordenados, procesados y enviados a sus respectivos destinos.
- Programa de devoluciones “cero”: Es un tipo de programa donde el proveedor comunica a sus clientes que no aceptará devoluciones y en vez de ello, se le proporciona al cliente un descuento sobre la factura del pedido general; entonces el cliente es quien dispondrá sobre el destino final del producto.
- Reparación, reforma, reciclaje: Una vez que la compañía acepta la devolución y se hace cargo de ella debe decidir qué hacer con el producto.
- Recuperación de bienes. Dada la clasificación y disposición de los productos devueltos (excedentes, caducados, obsoletos, deshechos, entre otros), el objetivo principal será el de recuperar el máximo el valor posible a nivel económico y ecológico.

Para Rubio (2003), es imposible establecer un único sistema de logística inversa, ya que las posibilidades de recuperación económica es diferente para cada tipo de producto fuera de uso y la gestión de los mismos difieren según sus características, por ello puede hablarse de un sistema diferente para cada empresa. Añade también que existen dos funciones básicas de estos sistemas:

- Clasificación de los productos recuperados.
- Concentración de productos similares en lotes homogéneos.

Rubio (2003) considera que la primera decisión para diseñar un sistema de logística inversa es si deben emplearse medios propios o ajenos a la empresa; para lo cual establece la siguiente clasificación:

- **Sistemas Propios de Logística Inversa.** Las empresas que desarrollan sus propios sistemas se caracterizan por ser líderes en su mercado. A pesar de que sea un sistema propio, es habitual que algunas actividades las realicen terceros, como la recogida de productos y su transporte hasta el centro de recuperación, entre otros, siendo la empresa el responsable último.
- **Sistemas Ajenos de Logística Inversa.** En este caso la empresa no gestiona directamente el proceso de recuperación, sino que esta función es realizada por terceros. El objetivo es que la empresa tercera se encargue de cumplir con la legislación existente, tanto respecto a las garantías de los consumidores devoluciones, como en cuanto a los residuos de carácter tóxico o peligroso que se generan.

En el diseño de cualquier sistema de logística inversa, se presentará cierto grado de incertidumbre de entre las cuales se pueden distinguir cuatro fuentes generadoras (Rubio, 2003):

- **Cantidad de productos fuera de uso: Incertidumbre Cuantitativa.** Cantidad de productos fuera de uso que se podrán recuperar para incorporarlos al sistema de logística inversa de la empresa
- **Calidad de los productos fuera de uso: Incertidumbre Cualitativa.** Nivel de calidad tendrá el producto retornado.
- **Momento en el que se recuperan: Incertidumbre Temporal.** Cuestiones que ayuden a reducir o realizar previsiones referentes a las devoluciones.
- **Lugar de recuperación: Incertidumbre Espacial o de Localización.** Desconocimiento que tiene el recuperador acerca del lugar en el que se recuperarán los PFU

Para que un sistema de logística inversa sea eficiente, es necesario involucrar a todos los miembros de la cadena en el proyecto de recuperación económica de los productos fuera de uso para obtener beneficios, tanto económicos como medioambientales, de la gestión integral de los sistemas logísticos, y con ello lograr ventajas competitivas sostenibles (Rubio, 2003).

Valoración Económica de Productos Fuera de Uso

Olvera de Miguel y Méndez (2010), describen a los Productos Fuera de Uso (PFU) como “aquellos productos puestos en manos del consumidor y que han dejado de satisfacer las necesidades de éstos”. Además, añaden que son las empresas e industrias las principales responsables de aquellos productos y/o residuos, aun existiendo responsabilidad compartida con los gobiernos y consumidores.

Según Rubio (2003), la recuperación de los productos fuera de uso está generando un beneficio para las empresas y en simultáneo se está dando solución al problema de la adecuada eliminación de los residuos resultantes en el consumo.

Para López (2009), el objetivo de la recuperación de un activo es maximizar la recuperación del valor económico y ecológico del producto, mientras se minimizan los impactos negativos.

Las razones que estimulan a las empresas hacia la recuperación y el aprovechamiento de los productos fuera de uso se pueden analizar desde dos perspectivas (Olvera de Miguel y Méndez, 2010):

- Desde el punto de vista de la demanda. La empresa podría generar diferencias competitivas a través del posicionamiento de una imagen de empresa medioambientalmente responsable, minimizando la generación de residuos y el uso de materias primas no renovables, empleando tecnologías limpias e integrando la cadena de suministros con su estrategia medioambiental.
- Desde el punto de vista de la oferta. La sustitución de las materias primas y componentes a través de los artículos recuperados, generaría una disminución en los costos de fabricación o en el precio de venta de estos productos.

Es función de la logística inversa recuperar productos y materiales fuera de uso para poder gestionarlos y así obtener una rentabilidad económica (Rubio, 2003).

Aspectos Legales y Normativos

Actualmente existen normas y acuerdos transnacionales que regulan las cantidades de contaminación generada y traza metas de reducción de la polución para cada país acogido dentro de los tratados. Para que todo esto pueda cumplirse, es necesario que las naciones plasmen en leyes y/o normas estos temas y que sean aplicadas con rigor a todos los sujetos envueltos. Uno de ellos es la industria, ya que las consecuencias que provocan no solo se miden a nivel de producción sino también después de ella, es decir, una vez que su producto ha alcanzado el fin de su vida útil o cuando éste haya sido desechado.

En el año 1993, la *International Organization for Standardization (ISO)*, inició el desarrollo de normas ambientales internacionales; una de ellas es la serie ISO 14000. (López, 2009)

En la ISO 14001, se define gestión ambiental como: “parte del sistema de gestión, (elementos de una organización), usada para gestionar aspectos ambientales, cumplir los requisitos legales y otros requisitos, y abordar los efectos potenciales adversos y efectos potenciales beneficiosos”. El modelo de la norma ISO 14001:15 es relativamente simple, el cual se basa en las mejoras de las prácticas medioambientales, pero que exige integrar la gestión ambiental con las operaciones de la empresa, y así lograr una mayor productividad en el uso de las materias primas y de los recursos, una reducción de los residuos y los costos asociados (ISO 14001:15, 2015).

Las características para obtener una certificación ISO 14001:15 son:

- Es voluntaria, ningún texto legal obliga a implantar sus requisitos.
- Se basa en la mejora continua del comportamiento medioambiental de la empresa.
- De aplicación internacional para cualquier organización.
- Contiene requisitos auditables para conseguir la certificación.
- Puede complementarse con la familia de normas ISO 9000.
- No requiere el cumplimiento de un nivel específico de desempeño ambiental, sin embargo, requiere que la organización establezca una política escrita, que permitirá:
 - ✓ Disminuir el riesgo de quebrantamiento de la legislación medio-ambiental local, autonómica y nacional, a la que está sujeta la actividad empresarial.

- ✓ Facilitar la mejora de los procesos productivos, ya que la propia dinámica de la mejora continua reduce el consumo de materias primas, promueve el uso de tecnologías más eficientes, reduce los impactos ambientales y, en definitiva, baja los costes de producción.
- ✓ Potenciar la imagen de la empresa ante sus clientes, consumidores y la propia sociedad, aumentando por tanto su credibilidad.
- ✓ Disminuir la cuantía de las primas de seguros por responsabilidad civil.
- ✓ Reforzar las estrategias de diferenciación frente a competidores a escala internacional; en definitiva, mejorar las posibilidades competitivas de la organización dentro de su sector de actividad.

La norma ISO 14001, también indica que la organización identifique en forma sistemática sus aspectos ambientales significativos, a partir de allí, establecer y documentar los objetivos y metas ambientales. Una estrategia es definir programas ambientales y documentarlos de tal manera que permitan llevar cumplir los objetivos y metas fijados. Cuando los objetivos han sido alcanzados se deben trazar nuevos objetivos correspondiendo al compromiso de mejora continua.

Es preciso que la organización documente el Sistema de Gestión Medioambiental y cumpla con las especificaciones en el proceso de implantación, como capacitación, entrenamiento, comunicación y procedimientos para el control de las operaciones. A la vez, requiere que la organización implante un sistema formal de auditoria para verificar que sus operaciones cumplan con las normas ISO 14001 y un plan para corregir y prevenir los incumplimientos. (ISO 14001, 2015)

Continuando con normas internacionales, existe la norma ISO 26000, que ofrece una guía en Responsabilidad Social. Está diseñada para ser utilizada por organizaciones de toda naturaleza, públicas y privadas, en cualquier país, ya que toda organización tiene un impacto en la sociedad y el medio ambiente. La ISO 26000 contiene guías voluntarias, no requisitos, y por lo tanto no es una norma de certificación. (ISO 26000, 2010)

La ISO 26000 visa fomentar la integración del comportamiento socialmente responsable dentro de las estrategias, sistemas y procesos organizacionales existentes y enfatiza los resultados positivos en el desempeño. Líderes de organizaciones reconocen que el éxito constante debe basarse en prácticas de negocio verosímiles y en la prevención de actividades negativas, como la contabilidad fraudulenta y la explotación laboral.

El desafío es poner en práctica los principios e implementar la Responsabilidad Social de modo efectivo y eficaz, independientemente de que el concepto de responsabilidad social varíe de un programa a otro. También fija un principio de desarrollo sostenible, con lo cual la organización debe esforzarse por cumplir el “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. (ISO 26000, 2010)

El desarrollo sostenible debe ser contemplado desde las dimensiones sociales (culturales), ambientales y económicas; y, ser pensado como un proceso continuo y gradual. El desarrollo sostenible abarca el respeto por el bienestar presente y futuro del planeta. (ISO 26000, 2010).

En el Perú se viene avanzando fortaleciendo a las instituciones y el establecimiento de mecanismos para desarrollar y aplicar los instrumentos técnico-legales en los aspectos de gestión, en general, de los residuos sólidos y, en particular, de los residuos peligrosos. Es la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), la encargada de aplicar los instrumentos legales en el sector salud (DIGESA, 2006):

- Ley General de Residuos Sólidos - Ley 27314, el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos - D.S. N° 057-2004/ PCM; regula los aspectos técnico-sanitarios del manejo de residuos sólidos, incluyendo los correspondientes a las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación
- En el campo del sector salud, la Norma Técnica N° 008-MINSA/DGSP-V.01: Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios; para ello existen disposiciones de gestión reunidas en el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA).

La Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos, “establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.” (Congreso de la República del Perú, 2000).

Es el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) el ente rector el cual debe coordinar la debida aplicación de la Ley, así como promover la aplicación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos. También debe incorporar en el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), información referida a la gestión y manejo de los residuos sólidos y resolver conflictos entre resoluciones o actos administrativos emitidos por distintas autoridades, relacionados con el manejo

de los residuos sólidos. Asimismo, el CONAM es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.(Ley 27314, 2000)

Adicionalmente a ello, en el año 2014, el Perú ratificó su continuidad en el Protocolo de Kioto hasta el 2020. (El Comercio, 2014)

El Protocolo de Kioto tiene objetivos obligatorios relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero para los países que lo han aceptado. El protocolo de Kioto se aplica a las emisiones de seis gases de efecto invernadero, los cuales son (Ecología Verde, 2015):

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonetos (HFC)
- Perfluorocarbonetos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Entre los mecanismos del Protocolo de Kioto, se encuentra el mecanismo de desarrollo limpio, el cual es un mecanismo que permite a los países con metas de reducción concretas (países desarrollados) vender o compensar las emisiones equivalentes que han sido reducidas a través de proyectos realizados en los países en vías de desarrollo. (Vásquez y Zúñiga, 2015)

Según lo estipulado por la Ley N° 28611, en el artículo 96, para promover la conservación de la diversidad biológica, la Autoridad Ambiental Nacional promueve, a través de una Comisión Nacional, los bonos de descontaminación u otros mecanismos alternativos, a fin de que las industrias y proyectos puedan acceder a los fondos creados en los convenios de carácter ambiental.

La Ley General del Ambiente establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. Dentro de esta Ley, están comprendidos los siguientes dispositivos (Ley 28611, 2005)

- a) Política Nacional del Ambiente

En el país, el artículo número 67 de la Constitución Política del Perú, establece que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente. El Ministerio del Ambiente

(MINAM) es el ente superior del Sector Ambiente y la autoridad competente para formular la Política Nacional del Ambiente. Esta política es uno de los principales instrumentos de gestión para el logro del desarrollo sostenible a nivel nacional y ha sido elaborada tomando en cuenta tratados y declaraciones internacionales suscritos por el Estado Peruano en temas ambientales. (MINAM, 2010)

La Política Nacional fue creada teniendo en consideración lo establecido por las Leyes N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo y las disposiciones de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Conforman la política general de gobierno en materia ambiental, la cual enmarca las políticas sectoriales, regionales y locales. (MINAM, 2010)

Según lo determinado por el MINAM (2010), la Política Nacional del Ambiente, constituye la base para la conservación del ambiente, de modo tal que se asegure el uso sostenible y ético de los recursos naturales y del medio que lo sustenta, para contribuir al desarrollo integral, social, económico y cultural del ser humano, en completa armonía con su entorno.

b) Sistema Nacional de Gestión Ambiental

El Sistema Nacional de Gestión Ambiental tiene a su cargo la integración funcional y territorial de la política, normas e instrumentos de gestión, así como las funciones públicas y relaciones de coordinación de las instituciones del Estado y de la sociedad civil, en materia ambiental.

El Sistema Nacional de Gestión Ambiental se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejercen competencias y funciones sobre el ambiente y los recursos naturales; así como por los Sistemas Regionales y Locales de Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil.

c) Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

Toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta de acuerdo a Ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el cual es administrado por la Autoridad Ambiental Nacional.

Asimismo, se señala que los proyectos o actividades que no están comprendidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, deben ser de igual modo

desarrollados de conformidad con las normas de protección ambiental específicas sobre la materia.

d) Límite Máximo Permisible

El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Es en este sentido que, siguiendo a los lineamientos de descentralización y de aplicación de la Ley 28611, se crea en el año 2007 el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo, mediante Ordenanza Municipal N° 012-2007-MPT.

Desechos Sólidos y Desechos Peligrosos

Según el Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y El Caribe (BCCC, 2005) todos los residuos deben ingresar a un sistema de gestión que incluye manejo, tratamiento, transporte, disposición final y fiscalización. El sistema de gestión depende del tipo de residuo que se considere, debiéndose prestar especial atención a la gestión de los residuos peligrosos por su capacidad inherente de provocar efectos adversos. Los residuos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, así tenemos por ejemplo: estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o potenciales efectos derivados del manejo.

a) Clasificación por estado: Definido de acuerdo al estado físico en que se encuentra, se tienen los siguientes grupos: sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos. Muchas veces en la categoría líquidos se incluyen únicamente los acuosos diluidos, otros como aceites usados, solventes orgánicos, ácidos o álcalis, suelen incluirse dentro de la categoría de residuos sólidos por un tema de gestión. Del mismo modo ocurre con la categoría de los gases, la cual corresponde únicamente a las emisiones gaseosas, mientras que los gases contenidos en recipientes son gestionados como residuos sólidos.

- b) Clasificación por origen: Se refiere a una clasificación sectorial y no existe límite en cuanto a la cantidad de categorías o agrupaciones que se pueden realizar. En el Perú se clasifican en (Ley 27314, 2000):
- ✓ Residuo domiciliario
 - ✓ Residuo comercial
 - ✓ Residuo de limpieza de espacios públicos
 - ✓ Residuo de establecimiento de atención de salud
 - ✓ Residuo industrial
 - ✓ Residuo de las actividades de construcción
 - ✓ Residuo agropecuario
 - ✓ Residuo de instalaciones o actividades especiales
- c) Clasificación por tipo de tratamiento al que serán sometidos: Útil para orientar la gestión integral de residuos de un país y particularmente útil cuando el objetivo es definir la infraestructura que se necesita para el tratamiento y la disposición final de los residuos. En este caso, los residuos se pueden definir como:
- ✓ residuos asimilables a residuos urbanos y que por lo tanto se pueden disponer en forma conjunta.
 - ✓ residuos para los cuales la incineración es el tratamiento idóneo.
 - ✓ residuos que se deben disponer en rellenos de seguridad.
 - ✓ residuos generados en grandes cantidades y que por lo que requieren tratamiento particular.
 - ✓ residuos pasibles de ser sometidos a un proceso de valorización.
- d) Clasificación por los potenciales efectos derivados del manejo. Se subdivide en:
- Residuos no peligrosos: son los que no pertenecen a ninguna de las tres categorías anteriores. Ejemplo: residuos domésticos, residuos de poda y de barrido.
 - Residuos inertes: no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.
 - Residuos peligrosos no reactivos: han sufrido algún tipo de tratamiento por medio del cual han perdido su naturaleza de peligrosos.
 - Residuos peligrosos: son aquellos residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos, pudiendo generar efectos adversos para la salud o el ambiente.

Residuos Peligrosos

Según las Leyes peruanas, se consideran residuos sólidos peligrosos aquéllos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente; y/o, que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad. (Ley 27314, 2000).

Es necesario contar con estrategias seguras para lograr una gestión ambientalmente adecuada de los mismos. Básicamente cualquier actividad es potencialmente generadora de residuos peligrosos, teniendo ello en cuenta los residuos se pueden agrupar de la siguiente forma (BCCC, 2005):

- a) Residuos peligrosos generados directamente por las actividades productivas y de servicios. Condicionados por la actividad misma del sector productivo y de servicios que los genera, las materias primas utilizadas, la tecnología de producción y la modalidad de gestión interna.
- b) Residuos peligrosos generados en los centros de atención a la salud. la magnitud y calidad de los mismos dependerán básicamente de la complejidad del servicio de atención a la salud y el sistema de manejo interno. Son los residuos que han tienen más atención a nivel local por la alta sensibilidad de la población frente a los mismos.
- c) Residuos peligrosos presentes en la corriente de residuos. Está integrado por aquellos residuos generados a nivel domiciliario y comercial con características peligrosas y que ingresan al sistema de gestión de residuos sólidos urbanos.
- d) Residuos peligrosos generados como resultado del consumo, para los cuáles se ha desarrollado o se pretende desarrollar un sistema de gestión específico. Para estos residuos es posible aplicar el concepto de responsabilidad extendida; se pueden citar los aceites, pilas, baterías, residuos contaminados con PCB, envases de plaguicidas, chatarra metálica, lámparas de mercurio, neumáticos, entre otros.

Como citado, los neumáticos, aparentemente inofensivos, son un auténtico atentado contra el entorno. El caucho, sumado a los componentes químicos y sintéticos adheridos, además de su masiva fabricación los convierten en un problema medio ambiental de primer orden en todo el mundo, pues no siempre se reutilizan, aunque también es cierto que su reciclaje cada vez es más común e imaginativo. (Ecología Verde, 2015)

2.2.3 Logística Inversa de Neumáticos

2.2.3.1 Composición de neumáticos o llantas

La palabra neumático tiene su origen en Grecia antigua. Los griegos usaban el término “pneuma” como significado de soplo, viento o aire (Goodyear, 2009).

La Real Academia Española (RAE), refiere que los neumáticos son una pieza de caucho que posee o no cámara de aire y que se monta sobre la llanta de una rueda. Y, describe a las llantas como una pieza metálica central de una rueda, sobre la que se monta el neumático. Sin embargo, hace referencia que en América ambos términos son utilizados como sinónimos.

El Gobierno peruano, por su parte, considera a los neumáticos como el componente mecánico de la rueda de un vehículo, que otorga seguridad a las personas y a la carga, fabricado a base de caucho, productos químicos, hilos textiles y/o alambres y otras materias, que va montado sobre el aro, y trabaja a presión de aire (u otros) para dar resistencia, capacidad de carga, confort y dirigibilidad. Sus partes principales son: banda de rodaje, costado, carcasa y pestaña el componente mecánico del vehículo.

Desde la fecha del invento de los neumáticos, en el siglo XIX, hasta el día de hoy, el producto viene sufriendo grandes cambios y evolucionando constantemente debido a las diversas variaciones en el mercado automovilístico y por ser considerada una pieza fundamental, útil y necesaria en este sector.

La tabla n°4 resume la evolución de fabricación de llantas en el mundo destacando los eventos más relevantes.

Tabla 5: Evolución del Neumático

ANO	RESPONSABLE	EVOLUCIÓN
1839	Charles Goodyear	Vulcanización del caucho
1888	John BoydDunlop	Primera patente de neumáticos con aire
1895	Eduard y André Michelin	Primera patente de llantas para automóviles
1901	DunlopPneumaticTyre Co.	Inició la producción de llantas para bicicletas
1904	Continental Company	Inició la producción de neumáticos con diseño de banda de rodaje en el mundo

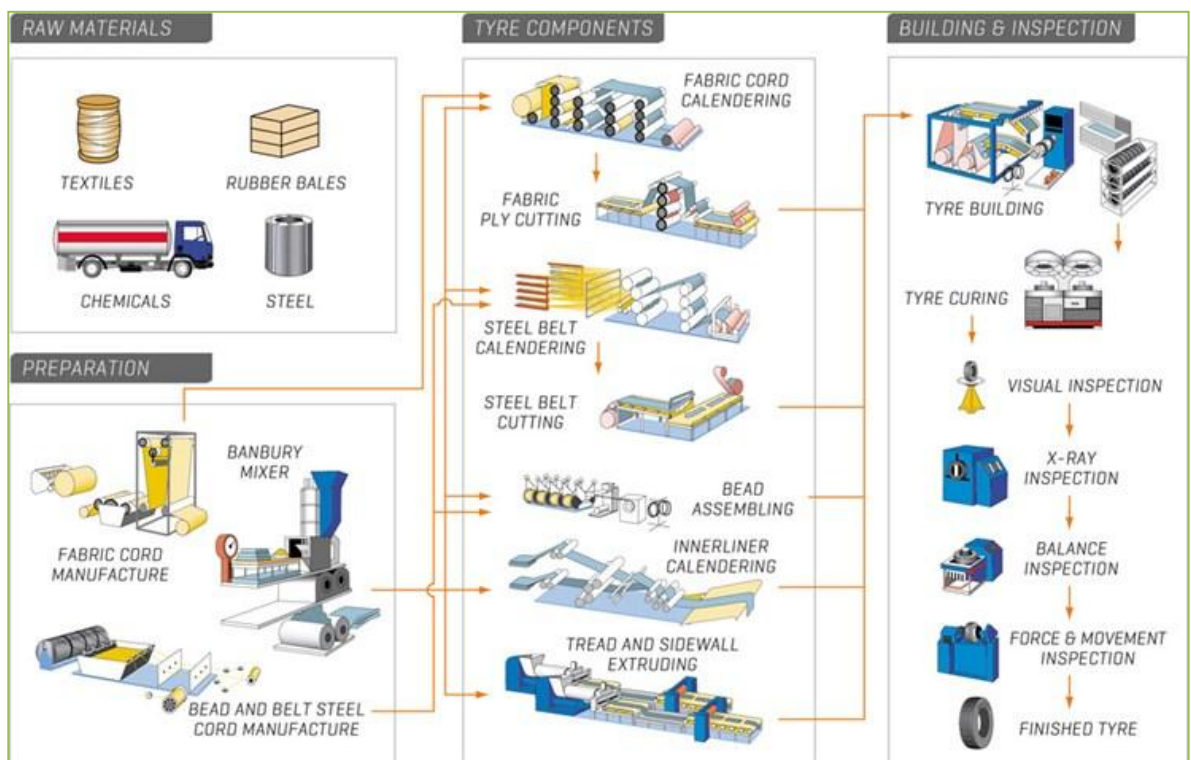
Fuente: Elaboración propia

La fabricación de llantas requiere de procesos de alto nivel de tecnología, además de consumir altas dosis de recursos, como mano de obra, llegando a 30% del costo total, y energía (Beukering y Janssen, 2001, citado por Resende, 2004).

Goodyear (2009) dice que el proceso de fabricación de llantas consiste en seis etapas básicas: preparación de compuestos en el Banbury, construcción de tejidos y alambres de acero con cobertura de caucho, extrusión de componentes del neumático, vulcanización e inspecciones finales de calidad y especificaciones.

Sin embargo, algunas de las etapas descritas en la página web de Goodyear son hechas simultáneamente, lo que reduce el sistema de producción de llantas a 4 grandes etapas como se observa en la figura 8.

Figura 11: Proceso de Fabricación de Llantas



Fuente: SALSONSTYRES, 2015

Resende (2004) dice que además del caucho natural y sintético, la cual, según Andrietta (2002), representa el 40% del peso del neumático, otra materia prima utilizada de gran destaque en la composición de este producto es el Negro de Fumo que es obtenido por la quema de petróleo en hornos especiales, usado para dar resistencia al caucho.

De acuerdo con Montenegro y Pan (1998, citado por, De Souza, 2009), la industria de neumáticos absorbe aproximadamente un 70% de la producción de Negro de Fumo, lo cual, durante la producción es este compuesto, es generado CO₂ que es uno de los gases responsables por el efecto invernadero.

Como se observa en la tabla n°5, el carbono representa el 70% de la composición química final de los neumáticos debido al 22% de Negro de Fumo contenido en la lista de las principales materias primas para la fabricación de estos productos (ver tabla n°6).

Tabla 6: Composición Química Promedio de Neumáticos

Elemento / Compuesto	%
Carbono	70.0
Hidrógeno	7.0
Óxido de Zinc	1.2
Azufre	1.3
Fierro	15.0
Otros	5.5

Fuente: Andrietta (2002)

Resende (2004) afirma que como el Negro de Fumo es difícil de reciclar, viene siendo substituido por la sílica en la construcción de los llamados “Neumáticos ecológicos”.

Según la Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (FAPEMING, 2003), la llanta está formada principalmente por cuatro partes:

- a) Carcasa: Es la responsable por retener la presión generada por el aire y soportar el peso del vehículo. Se encuentra en la parte interna del neumático y posee lonas de poliéster, acero, o nylon, dispuestas en sentido diagonal una a otras (llantas convencionales – Bayas) o de forma radial en los neumáticos conocidos como Radiales. La composición física de la carcasa es la que divide al neumático en radial y diagonal, siendo que, actualmente, la producción de llantas radiales es mayor que las convencionales (97% del mercado). (Andrietta, 2002).

Según Andrietta (2002), las llantas radiales muestran cintas de acero con la finalidad de estabilizar la carcasa. Es considerado como un componente más de las llantas.

Los neumáticos diagonales muestran menos acero en su estructura, estando este apenas presente en el talón. (Revista Brasileña del Acero, 2009).

- b) Lados: Parte lateral del neumático con la finalidad de proteger la carcasa.
- c) Talón: Constituido por alambres de acero cubiertos por caucho formando una estructura parecida a un anillo. Sirve para acoplar la llanta al aro.
- d) Banda de Rodaje: Parte de la llanta que tiene el contacto con el suelo. Tiene diseños con partes llenas y partes vacías que sirven para perfeccionar la adherencia con la superficie.

En la siguiente tabla se puede observar la distribución porcentual de estos materiales para una llanta de automóvil y camioneta.

Tabla 7: Comparación de los materiales contenidos en las llantas

Material	Automóvil	Camión
	%	%
Caucho / Elastómeros	48	45
Negro de humo	22	22
Acero	15	25
Tejido de nailon	5	-
Óxido de Zinc	1	2
Azufre	1	1
Aditivos	8	5

Fuente: Andrietta (2002)

La finalidad de la estructura del neumático es soportar la capacidad de carga para la cual fue fabricado, ofrecer el desempeño eficiente y una buena dirección, afirma Scagluisi (2010).

Beukering y Janssen (2001, citados por Resende, 2004) dicen que, una llanta, si es utilizada de manera razonable, puede rodar en promedio 100000 kilómetros, perdiendo 10% de su peso en el final de ese tiempo. En los últimos 40 años, las mejoras en el proceso de fabricación hicieron que las llantas duplicaran su vida útil. La tabla 7 muestra que la llanta destinada para el consumo cotidiano de automóviles particulares, ómnibus y camiones tiene el menor tiempo de vida útil, convirtiéndose en el mayor potencial de llantas descartadas anualmente.

Tabla 8: Ciclo de vida útil de los neumáticos

Tipo de neumático	Vida útil
Tractor	10 a 12 años
Transbordo de caña	4 a 5 años
Carretilla elevadora	4 000 a 5 000 horas
Automóviles	hasta 80 000 km
Ómnibus y camiones	hasta 20 000 km
Motos	30 000 km
Aviones	200 despegues y aterrizajes
Agrícolas	8 000 a 10 000 horas

Fuente: Lagarinhos (2011)

2.2.3.2 Comportamiento de la demanda de neumáticos

La demanda mundial de neumáticos es proveniente del mercado de reposición en función de la necesidad de cambiar los neumáticos debido al desgaste; e del mercado de las montadoras conducidas por la fabricación de nuevos vehículos (por cada vehículo nuevo se requieren, como mínimo, cinco neumáticos).

Brasil es el segundo mercado mundial en reforma de neumáticos, estando atrás de Estados Unidos. La reforma de neumáticos tiene un papel fundamental en la economía, en la salud y en el medio ambiente. Así, en los Estados Unidos la reforma de neumáticos no sólo atiende a la población, sino también a toda la flota del ejército, además de los carros oficiales y de los vehículos del sistema de transporte público.

La página web Vías Seguras (2003) expone que el proceso de reforma es practicado en Brasil hace más de 60 años, con el nivel técnico de estándar internacional. La tecnología es proveniente de los Estados Unidos y de los países de Europa, lo que proporciona bajos índices de problemas.

En el 2012, según el Instituto Brasileño del Medio Ambiente (IBAMA), el mercado de reposición giró en torno de 50 millones de unidades.

Del total de neumáticos producidos, 35% fueron consumidos por el mercado norteamericano, 26% por Europa Occidental y otros 25% por Asia. Aproximadamente, el 70% de la producción están en manos de las tres más grandes empresas fabricantes de llantas del mundo – Bridgestone, Michelin y Goodyear (Goldenstein, 2007, citado por Scagluisi, 2010).

Las ventas de neumáticos, según la ANIP -incluyendo productos importados- acompañaron la curva creciente. Avanzaron 6,9% en relación a 2012, totalizando

72.6 millones de unidades, resultado cercano al récord de 73 millones obtenido en 2010. El mercado que más compró llantas nacionales fue el de reposición. Su demanda llegó a 37.7 millones, aumento de 12.6% sobre 2012. Las ventas para montadoras crecieron 6.3%, pasando de 21.1 millones para 22.5 millones de llantas entre 2012 y 2013.

Las ventas totales de las once empresas asociadas a la ANIP, que incluyen productos importados por éstas, tuvieron un aumento de 3,9% en enero pasando de 5,91 millones de unidades en el 2013 para 6,14 millones de unidades en el 2014. De este volumen, 56% fueron para el sector de reposición, que pasó de 2,95 millones de unidades en enero del 2013 para 3.44 millones de llantas el mes pasado.

En Estados Unidos el consumo de llantas es poco superior a una llanta por habitante/año, de las cuales aproximadamente el 5% son quemadas en plantas termoeléctricas, método más utilizado en ese país. Existe una planta en California, quema 4,5 millones de llantas/año y genera 15 megawatts (MW) usados en 14 mil residencias. La planta de Sterling, en Connecticut, quema 10 millones de llantas/año y genera 30 MW, con un costo operacional igual al doble del costo de las plantas a carbón y cuya inversión alcanzó los US\$ 100 millones.

El Diario Gestión señala que en el Perú, en el año 2013, las ventas de neumáticos para autos llegaron alrededor del millón y medio y 700 mil productos para autobuses y camiones.

El diario El Comercio (2014) indica que en un año se venden 2.1 millones de llantas para autos y camionetas y 900 mil para buses, cústeres y camiones.

El CEO de la empresa Michellin para Perú y Ecuador, Antonio Barbosa, dice que el mercado nacional de las llantas crece en 2% anualmente. Esta empresa lidera en ventas el rubro de los neumáticos OTR (*Off The Road*, fuera de carretera) con el 50% de participación. (Diario Gestión)

Como se puede apreciar el mercado de las ventas de neumáticos va en aumento, sin embargo junto con ello el aumento de llantas en desuso debido a que son inservibles para lo que fueron creadas.

2.2.3.3 Logística Inversa de Neumáticos Inservibles

La ANIP reporto en el año 1998 un promedio de 3 a 4 billones de llantas dispuestas inapropiadamente en el mundo.

Los residuos de llantas afectan la salud pública, particularmente en países de climas tropicales, debido al cúmulo de lluvias en el interior de las mismas, sirven como criaderos de mosquitos y zancudos transmisores de ciertas enfermedades como dengue, malaria y fiebre amarilla.

Según datos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), actualmente se registra un volumen creciente en la generación de llantas usadas a nivel mundial.

Solo en España se generan alrededor de 300.000 toneladas de neumáticos usados cada año, pero únicamente una pequeña parte se recicla. Casi la mitad de esta enorme cantidad de desechos no está controlado y otro tanto se acumula en vertederos controlados. Una gran diferencia frente a países ejemplares como Francia, Alemania y Austria, con una media de un 60 por ciento de reciclaje.

Asimismo, en Brasil, uno de los principales países latinoamericanos productores de neumáticos, está prohibida la disposición de neumáticos en rellenos sanitarios desde 1999, razón por la cual son descartados de forma indebida. (Marchiori, 2008).

El Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología (INMETRO, 2010) reafirma lo dicho por Marchiori explicando que debido a la dificultad de compactación de las llantas en vertederos, estos reducen la expectativa de tiempo de vida de los rellenos sanitarios.

Además, el caucho vulcanizado, la adición de negro de humo, que compone los neumáticos es un material que se descompone difícilmente en el medio ambiente, llegando a demorar aproximadamente 600 años, debido a que forma una ligación permanente entre el azufre y el carbono, dificultando el reciclaje total del material, afirma Resende (2004).

Sin embargo, estudios realizados por INMETRO en el año 2010, no pueden determinar un tiempo de degradación para los neumáticos, según la tabla n°8.

Tabla 9: Tiempo de degradación de algunos materiales

Material	Tiempo de Degradación
Papel y cartón	Cerca de 6 meses
Chicles	5 años
Cuerdas de nailon	30 años
Embalajes Tetra Pak	Hasta 100 años (aluminio)
Embalajes PET	Más de 100 años
Bolsas plásticas	Más de 100 años
Acero	Más de 100 años
Aluminio	200 a 500 años
Tecnopor	Indeterminado
Neumáticos	Indeterminado
Vidrios	Indeterminado

Fuente: INMETRO (2010)

En ese contexto, la quema de llantas descartadas indebidamente es considerada una de las formas de “eliminar” dichos neumáticos del medio ambiente.

La UNAERP (2010) afirma que la quema de neumáticos libera óleo pirolítico que contiene productos químicos tóxicos y metales pesados capaces de producir efectos adversos a la salud como pérdida de memoria, deficiencia en el aprendizaje, daños en los riñones e hígado.

Según Lagarinhos y Tenório (2008) la producción de óleo pirolítico ocurre a una temperatura de 200°C. El agua utilizada para combatir los incendios en grandes filas de neumáticos aumenta la producción de óleo pirolítico, sirviendo como medio eficaz para su transporte y contaminación de los suelos y de las aguas superficiales subterráneas.

Estudios demuestran que la contaminación de aguas causada por el escurrimiento de la quema de llantas puede durar hasta 100 años (UNAERP, 2010).

Además de eso, en el local de la quema, según INMETRO (2010), permanecen las cenizas y la fracción compuesta por hidrocarburos más pesados y compuestos químicos muy dañinos, como la dioxina, la cual es considerada el compuesto químico más tóxico producido por el hombre, conocida por su alta degradación, aún en pequeñas cantidades del mismo, tanto en el medio ambiente como en los tejidos biológicos.

Una de las clases importantes de contaminantes del aire son los hidrocarburos, compuestos químicos formados por átomos de carbono e hidrógeno, óxido de azufre y óxido de nitrógeno.

Según Marchiori (2008), la quema de llantas a cielo abierto emite casi 6% de la masa del combustible entre partículas sólidas y volátiles orgánicos.

Con la combustión de los combustibles fósiles, la atmósfera se transformó en un gran laboratorio experimental, pudiendo causar desastrosas alteraciones en nuestro clima. Así también, el aumento de las concentraciones de CO₂ retiene mayor calor dentro de la atmósfera del planeta. El año de 1998 fue el año más caliente observado y 2002 y 2003 quedaron en segundo lugar. (Hinrichs y Kleinbach, 2011).

En el caso de los neumáticos, otra gran dificultad es la realización de recolección y del transporte puesto que, en muchos casos, están localizados en regiones de difícil acceso, lo que torna al proceso inviable desde el punto de vista económico por el costo de la logística (Lagarinhos, 2011)

Sin embargo, hoy en día una de las mayores preocupaciones de toda la industria de neumáticos es el medio ambiente.

Resende (2004) afirma que una gran característica de la industria de neumáticos es la intensa inversión en nuevas tecnologías, aproximadamente 3.5% de su facturación.

Otra gran inversión actualmente realizada es el aumento de caucho natural y disminución de negro de humo en la composición total de las llantas.

Estas cifras demuestran un existente compromiso y gran interés en la revalorización de estos productos, buscando reducir su impacto en el ambiente y la salud pública.

A la hora de reciclarlos pueden utilizarse distintas técnicas, como la termólisis, la trituración mecánica o criogénica, la pirolisis o la incineración. Cada una de ellas tiene sus ventajas y sus inconvenientes a la hora de valorar un mayor o menor aprovechamiento de la materia prima y también en cuanto a los distintos niveles de toxicidad asociada a cada una de ellas.

2.2.3.4 Principales actividades de reciclaje

La motivación para que las empresas realicen el proceso de reciclaje de los neumáticos inservibles no solamente depende de la elección de la tecnología ideal para el proceso, sino también de factores relacionados al volumen de neumáticos producidos (Sandroni y Pacheco, 2005, citado por Scagluisi, 2010).

Asimismo afirman que en Brasil, el pasivo ambiental generado por los neumáticos usados debe estar en torno de 100 millones de carcasas, siendo que 40% provienen del estado de Sao Paulo, estado que posee casi la misma cantidad de habitantes que todo el Perú.

Debido a la gran producción de llantas en Brasil, el control sobre el tratamiento de los residuos de neumáticos también es muy complejo. En el 2005, ocho empresas fabricantes fueron multadas por el IBAMA por no dar destinación final ambientalmente adecuada a los neumáticos llamados inservibles (que no pueden más ser reformados), conforme a la Resolución 258/99 del Consejo Nacional del Medio Ambiente – CONAMA, referente al año de 2004. El valor total de las multas llegó a R\$ 20.543.895,00. Pirelli Neumáticos S/A y Goodyear del Brasil Productos de Borracha Ltda. fueron las dos empresas que pagaron multas más altas: R\$ 6,5 millones y R\$ 6 millones, respectivamente (UNAERP, 2010).

En América Latina no existen muchas evidencias de prácticas relacionadas al reciclaje de llantas. En todo el continente americano, Estados Unidos y Brasil son pioneros en el desarrollo de técnicas de recuperación de estos productos. Actualmente, Colombia también viene desarrollando técnicas que permiten transformar el caucho de las llantas como aditivos de nuevos productos para el mercado del deporte.

El sistema implementado en Brasil es semejante al utilizado en Europa, basado en un sistema de retorno con responsabilidad de los fabricantes y de los importadores.

En esa cadena, los consumidores también hacen parte del proceso de recolección debido a que deben dejar los neumáticos en lugares autorizados y no llevarlos para la casa o descartarlos en el medio ambiente. (Lagarinhos y Tenorio, 2008).

Existen varias maneras de aprovechar los neumáticos y transformarlos en productos útiles en diversas áreas:

a) Recauchado de Neumáticos

Según el sitio electrónico de INMETRO (2010), el neumático recauchuta es aquel que sustituye su banda de rodaje. El recauchutado, además de la banda de rodaje, sustituye sus hombros, y el neumático remoldado substituye también la superficie de sus flancos.

La práctica de reforma de neumáticos garantiza economía de materias primas las cuales son obtenidas a través del petróleo y energía utilizada en la confección de

nuevos neumáticos. Economizan 20 litros de petróleo en comparación al que es necesario para producir un neumático tradicional, o 40 litros de un neumático de camioneta (Asociación Brasileña de la Industria de Neumáticos Remoldados - ABIPR, 2005, citado por Scagliusi, 2010).

b) Pavimentación asfáltica con neumáticos

Actualmente, también existen algunos productos que utilizan el polvo de caucho en su composición obtenido, principalmente, de los residuos del proceso productivo de neumáticos reformados (Gutierrez, 2008).

Para reintroducir el caucho como materia prima de forma triturada, en el caso de las mixturas asfálticas, exige una separación del caucho vulcanizado de otros componentes (como metales y tejidos) por medio de un sistema de tamices y bombas de alta presión. Así, el caucho pasa a ser desvulcanizado con el fin de recuperar una porción de sus propiedades originales.

El caucho puede ser instado en los materiales asfálticos a través de dos procesos: húmedo - *wetprocess* y seco - *dryprocess* (Kamimura, 2002).

El asfalto de caucho, también llamado asfalto ecológico, fue desarrollado en la década de 1960 por Charles H. McDonald en los Estados Unidos. No obstante, su alto costo de producción no permitió su utilización a gran escala hasta mediados de la década de 1990 (Lopes, et. al, 2010).

En Brasil fue incorporado el proceso de asfalto de caucho en 1995, pero debido al alto costo y a la falta de investigación concluyente respecto a la durabilidad y de los beneficios de la incorporación de esta mixtura al asfalto tradicional se estima que todavía hay un largo tiempo para utilizarse a gran escala en Brasil (Scagliusi, 2010). Según Salini (2000) las ventajas de la utilización de caucho en el asfalto, además de ser una alternativa de reciclaje de llantas inservibles, aumentan la vida del servicio del pavimento, mejora las características elásticas y contribuye para una mayor adhesión entre el cemento asfáltico y el agregado.

c) Neumáticos enteros en la Construcción Civil

Otra forma de destinación de los neumáticos usados es reutilizándolos en su forma original, como ejemplo, en la ingeniería civil los neumáticos pueden ser utilizados de forma entera o en partes, en obras de drenaje formando tubos de

aproximadamente quince neumáticos en sustitución al alcantarillado. (Andrade, 2007).

También como muros de contención (figura 2.13) donde las llantas son colocadas en forma de capas y llenados con tierra. Así mismo, pueden ser colocados como limitadores de territorios en zonas deportivas, especialmente, en el automovilismo. Actualmente, los neumáticos vienen siendo utilizados en la construcción de conductos para lluvias en sustitución de los canales de cemento. (Andrade, 2007).

d) Co – procesamiento de Neumáticos

Otra alternativa de uso de los neumáticos inservibles es utilizarlos como materia prima para generar energía.

En 1989 fue inaugurada la primera planta dedicada a la generación de energía eléctrica utilizando exclusivamente llantas como materia prima en Reino Unido. La planta es compuesta por calderas a vapor y sistemas de filtrado de gas y cinco conjunto de incineradores. Los sólidos no quemados son llevados de regreso a las cámaras de combustión (Marchiori, 2008).

Las iniciativas más concretas en América del Sur ocurren en Brasil por medio de la unión con la industria de cemento (ver figura 2.14). No siendo necesarias grandes adaptaciones en los equipos; por lo menos, 20% en valor energético del combustible puede ser sustituido por neumáticos. (Marchiori, 2008).

Los hornos de cemento, debido a su trabajo en altas temperaturas, permiten incinerar diversos tipos de residuos potencialmente contaminantes.

Kamimura (2002), afirma que, al quemar los neumáticos inservibles en los hornos de las cementeras, se puede eliminar totalmente el neumático descartado; así también permite usar grandes cantidades de neumáticos, conservarlos como combustible fósil y, además de eso, produce menos emisiones que la quema de carbón.

Entre las empresas que invirtieron en esta tecnología están la brasileña Votorantim Cimentos que por medio del Cemento Rio Branco del Sur (Paraná, Brasil), tiene la capacidad para eliminar más de 20 mil toneladas por año de neumáticos (Scagliusi, 2010).

Marchiori (2008) también afirma que en Brasil, además de la industria de cemento, existe una planta de gasificación de esquistos bituminosos utilizando neumáticos como materia prima secundaria, la cual inició sus pruebas en 1998, no obstante según Petrobras, la única planta en realizar la pirolisis de neumáticos en escala comercial

en Brasil hasta ahora opera con 12% de la carga (48 toneladas) por dificultad de recolección de materia prima.

Pirolisis de Neumáticos

Según el diccionario de química (McGraw-Hill, 2003), la pirolisis puede ser definida como el rompimiento de moléculas complejas en moléculas más simples por medio de energía térmica, por ejemplo, la producción de gasolina a partir de óleo pesado.

Es considerada una destilación destructiva, busca reaprovechar los componentes del neumático como materia prima o combustible. En general, el proceso puede ser definido como la descomposición química por calor en ausencia de oxígeno.

Según Scatolim (2008), la pirolisis de llantas es, desde la década de los 90s, el proceso más utilizado en el reciclaje de llantas. Sin embargo, datos estadísticos de Brasil como pionero en América Latina en la gestión de destinación final de llantas inservibles presentados en la tabla 12, nos muestra una realidad totalmente diferente.

Tabla 10: Destinación final de llantas inservibles - Brasil

Tecnología	Destinación (t)	Porcentual del País
Co - procesamiento	219,269.09	47.77%
Granulación	168,499.14	36.71%
Laminación	61,115.93	13.31%
Industria de esquisto	9,810.00	2.14%
Pirólisis	336.03	0.07%
Total	459,030.19	100%

Fuente: IBAMA (2012)

La pirolisis está siendo considerada, a nivel mundial, como el proceso más eficaz de reciclaje integral de los neumáticos, debido a que en comparación con las alternativas mencionadas en el referencial teórico, sobre los aspectos técnico, ambiental y social se revela superior. Todavía es una disyuntiva la confianza en el desarrollo de este sistema en el aspecto económico.

Son plantas que no emiten contaminantes atmosféricos o efluentes líquidos, ni residuos sólidos nocivos y demandan apenas agua industrial de recirculación para resfriadores, intercambiadores de calor y lavado de gases.

El material a ser reciclado es llevado al reactor pirolítico donde ocurren las separaciones de los subproductos en cada etapa del proceso.

La pirolisis de llantas genera tres tipos subproductos. La fracción sólida contiene una gran parte del material inicialmente presente en la llanta y presenta un rendimiento promedio de 40% de la masa inicial. La fracción líquida está constituida por una mixtura compleja de compuestos orgánicos y presenta un rendimiento promedio de 35%. Finalmente, la fracción gaseosa, aquella que no pudo ser condensada, representa generalmente un 25% y está compuesta en su mayoría por CO, CO₂, H₂ e hidrocarburos leves. (Napoli, et al, 1997; Laresgoiti, et al, 2001; Cunliffe e Williams, 1998; citados por Scatolim, 2008)

Según Rodríguez, et al, (2001) citado por Scatolim (2008), el óleo proveniente de la pirolisis de llantas se asemeja a fracciones de petróleo. Su poder calorífico es de aproximadamente 42 MJ por kilogramo, posibilitando su uso como óleo combustible, pues es un valor mayor que el poder calorífico de la propia llanta entera (33 MJ/kg), mayor también que el del carbón bituminoso (28 MJ/kg) y que del carbón vegetal (30 MJ/kg).

2.2.3.4 Normativas Específicas

Debido a las normativas aplicadas en Brasil, hoy, el proceso de recolección de neumáticos inservibles se convirtió en la mayor operación de logística reversa del país, realizado principalmente por la empresa Reciclanip, entidad sin fines de lucro, mantenida por la industria del sector. En el 2013 fueron recogidas 404 mil toneladas de llantas inservibles, cantidad que equivale a 81 millones de unidades de neumáticos de carros de paseo.

Según Marchiori (2008), hasta el inicio de la década de 1990 poco había con relación a la legislación y normas al respecto del almacenamiento o eliminación de neumáticos. Pero, como consecuencia de las primeras catástrofes ocurridas en depósitos ilegales comenzaron a surgir leyes específicas.

La CONAMA creó en 1999 la primera Resolución: 258/99, ésta reglamentó por 10 años a cuestión de destinación de neumáticos, en 2002 fue regida una enmienda para atender una brecha en la Resolución 258/99, se tornaría la segunda resolución sobre o asunto: Resolución 301/02.

Hoy, la recolección y la destinación de neumáticos inservibles son reguladas por la Resolución 416/2009, del CONAMA. La resolución establece que fabricantes e

importadores de neumáticos tengan que dar destinación final ambientalmente adecuada a los neumáticos inservibles.

Según esa legislación, la adopción de procedimientos para la implementación del recojo de las llantas inservibles en Brasil es una tarea que envuelve varios colaboradores. Entre estos actores están los distribuidores, revendedores, reformadores y reparadores, sin olvidar los consumidores finales de llantas, en articulación con los fabricantes, importadores y el Poder Público.

Marchiori (2008) afirma que dada la responsabilidad legal de los fabricantes, se debe considerar el interés de los mismos en encontrar soluciones que se encuadren a las exigencias. Esta es la más probable fuente de financiamiento para iniciativas de reciclaje o incineración de neumáticos.

En el Perú existe la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 y la Ley que regula la actividad de los recicladores N° 29419; esta última ley coloca al país como pionero en regular el trabajo formal de los más de 108 mil familias de recicladores; no obstante, muy pocos gobiernos locales, provinciales y distritales están implementando los programas de gestión integral de residuos sólidos, que por ley deben incluir a los recicladores.

Sin embargo, se puede observar que no existe una ley que regule las actividades específicas de recolección y destinación final de llantas usadas.

Por otro lado, en el año 2001, el gobierno Peruano precisó y amplió ayer los alcances del D.S. 003-97 para extender la prohibición de importar llantas usadas en sus distintas presentaciones (con aro o sin aro) debido a los riesgos que ello implica.

Según el Diario La República (2001) en su publicación editada en su página web en ese mismo año, la medida, según dispone el dispositivo, se da en salvaguarda de la seguridad, protección de los ciudadanos y por razones sanitarias y de medio ambiente. Desde 1997 a la fecha las autoridades aduaneras estaban prohibidas de aceptar el ingreso al país de neumáticos, pero tan sólo a los que venían sin aros. Sin embargo, aquellas llantas usadas que venían con aros eran aceptadas, dada la falta de precisión en la norma técnica.

Frente a este grave problema, el Ministerio de Salud publicó en el diario El Peruano el decreto supremo 003-2001 que precisa los alcances de la norma original y amplía la prohibición de importación de neumáticos usados en ambas modalidades.

Con ello, el gobierno espera que se pueda cumplir a cabalidad con los objetivos que dieron lugar a la publicación del anterior decreto para evitar el ingreso de llantas

usadas que afecta a miles de consumidores que adquieren este tipo de neumáticos, señala la norma.

Agrega que para evitar daños a las empresas que se dedican a este negocio, no están comprendidos aquellos neumáticos que se encuentren en tránsito con destino al Perú, antes de la vigencia del dispositivo, lo que será acreditado con el correspondiente conocimiento del embarque. Tampoco están comprendidos aquellos que se encuentren en el territorio nacional para ser desaduanados, ni aquellos que integren la dotación normal de vehículos usados que ingresen legalmente al país.

2.2.4 Ecoindicadores

2.2.4.1 Definición

Según Goedkoop, et. al. (2009), los ecoindicadores son números que expresan el impacto ambiental total que provoca un proyecto o un proceso. También afirma que puede ser medido respecto al impacto de un determinado producto.

Los valores estándar de los ecoindicadores se pueden considerar como cifras sin dimensión o adimensionales. Es decir, cualquier diseñador o gestor puede ser capaz de analizar la carga ambiental de determinado proyecto durante su Ciclo de Vida (Goedkoop, et. al., 2009).

2.2.4.1 Metodología de Identificación de los Impactos Ambientales

El primer paso para el análisis de interacción entre el objeto de análisis y el medio ambiente es listar todas las actividades que se realizaran o realizarán durante el proceso o proyecto, ya sea de construcción, operación o, inclusive, cierre de un proyecto; agrupando las actividades según las zonas de trabajo (SouthernCopper, 2015)

Según la empresa Southern Copper (2015), posteriormente, deben identificarse los componentes ambientales que sean susceptibles a ser impactados por cada actividad. Seguidamente, se necesitará construir una matriz de interacción entre las actividades del proceso o proyecto y los componentes ambientales, esto permitirá determinar si los impactos son positivos o negativos, directos o indirectos. (Southern Copper, 2015)

2.2.4.2 Metodología de Evaluación de los Impactos Ambientales

Siguiendo con las afirmaciones de Goedkoop, et. al. (2009), la matriz de importancia de impactos ambientales, permite obtener una valorización cualitativa de los éstos. Según la Southern Copper (2015), en aquella matriz se colocan los impactos ambientales identificados en filas y los atributos ambientales de evaluación en las columnas.

Conesa (2007) citado por la compañía Southern Copper (2015) indica que esta metodología permite un análisis global e integral de los impactos, pues se considera una serie de atributos que se globalizan finalmente a través de una ecuación. Esta ecuación proporciona un índice denominado Valor del Impacto Ambiental (VI).

El método utilizado define un número, por medio del cual se asigna un valor cualitativo al impacto evaluado, el que responde a una serie de atributos, los que se presentan en el anexo E.

Para el cálculo del valor del impacto se utiliza la siguiente fórmula:

$$VI = (REL/6) * N * (3 * I + 2 * AI + PZ + PE + RV + S + AC + RCE + RM + RE)$$

Donde los significados de los términos aparecen en el siguiente cuadro:

Tabla 11: Variables para hallar el Impacto Ambiental

Nombre	Definición	Código
Relevancia de la componente	<i>Calidad actual del componente ambiental en la zona del proyecto</i>	REL
Carácter o Naturaleza	<i>Naturaleza del impacto</i>	N
Intensidad	<i>Grado de incidencia (destrucción total o mínima)</i>	I
Área de Influencia	<i>Influencia del impacto con el entorno de la actividad</i>	AI
Plazo de manifestación o Momento	<i>Tiempo que transcurre desde la ejecución de la acción y la aparición del efecto</i>	PZ
Permanencia del Efecto	<i>Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta el retorno a sus condiciones iniciales</i>	PE
Reversibilidad	<i>Posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción</i>	RV
Recuperabilidad	<i>Posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado</i>	RE
Sinergia	<i>Reforzamiento de dos o más efectos simples</i>	S
Acumulación	<i>Incremento de manifestación del efecto</i>	AC
Relación Causa – Efecto	<i>Forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción</i>	RCE
Regularidad de Manifestación	<i>Regularidad de manifestación del efecto (cíclica, predecible o constante)</i>	RM

Fuente: Southern Copper (2015)

Ese valor de VI es adimensional, es decir, no posee unidad de medida. Se emplea con el objetivo de realizar análisis comparativos, mostrando de forma clara si hubiese algún daño o beneficio. Así mismo, debido a su flexibilidad, quien aplique esta herramienta podrá generar sus propios ecoindicadores según la clasificación de su procesamiento y los criterios presentados en la tabla previa.

2.3 Definición de Términos

- **BOTADERO:** Se le denomina así a un lugar en donde, de forma irregular, se arrojan y amontonan los desechos.
- **IMPACTO:** Significa choque o colisión de dos objetos o seres, también se refiere a ecosistemas y puede darse de objeto a ser, de ser a ecosistema o de objeto a ecosistema. Otra definición de impacto es la huella o efecto producidos debido a ese choque.

- **INSERVIBLE:** Se le dice al elemento u objeto del cual ha finalizado su vida útil o que ya no está en condiciones de ser usado para el fin con el que fue creado.
- **SISTEMA:** Es un conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad.
- **TASA INTERNA DE RETORNO:** Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. La TIR nos da una medida relativa de la rentabilidad, lo que significa que está expresada en porcentaje.
- **TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN:** en inglés *Payback*, es un método de valoración de inversiones que mide el tiempo que una inversión tarda en recuperar el desembolso inicial, con los flujos de caja generados en el futuro por la misma.
- **VALOR NETO ACTUAL:** También llamado Valor Presente Neto. Este método toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es decir, actualiza cobros y pagos de un proyecto o inversión y calcular su diferencia trayendo todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado.

CAPÍTULO 3

DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL

3.1 Descripción general del SEGAT

El Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo (SEGAT), constituye un Organismo Público Descentralizado de la Municipalidad Provincial de Trujillo el cual inició sus actividades en julio del año 2007.

Este sistema es el responsable de la gestión integral de los residuos sólidos municipales, correspondiendo a la Ley n° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, desde su generación hasta su disposición final; También es el organismo encargado del mantenimiento de las áreas verdes así como la protección del medio ambiente, para que la población de Trujillo se desarrolle en un entorno ordenado limpio, verde, y saludable mejorando la calidad de vida.

A su vez, el SEGAT se encarga de administrar los procesos de Gestión Ambiental, visando mejorar eficaz y eficientemente los niveles de servicios de Limpieza Pública, Áreas Verdes y Medio Ambiente para que la ciudadanía se desarrolle en un entorno limpio, verde, ordenado, confortable y saludable de manera integral y sostenible, alcanzando un gran nivel en su calidad de vida.

El SEGAT goza de personería jurídica de derecho público interno y con autonomía administrativa, económica, presupuestaria y financiera.

3.2 Misión y Visión

3.2.1 Misión:

“Administrar los procesos de gestión ambiental participativa, mejorando los niveles de productividad en los servicios de limpieza pública, áreas verdes y medio ambiente contribuyendo a elevar la calidad de vida de la población de Trujillo.

3.2.2 Visión:

“Ser una institución líder en gestión ambiental, priorizando el desarrollo humano integrado a un ambiente saludable y sostenible.”

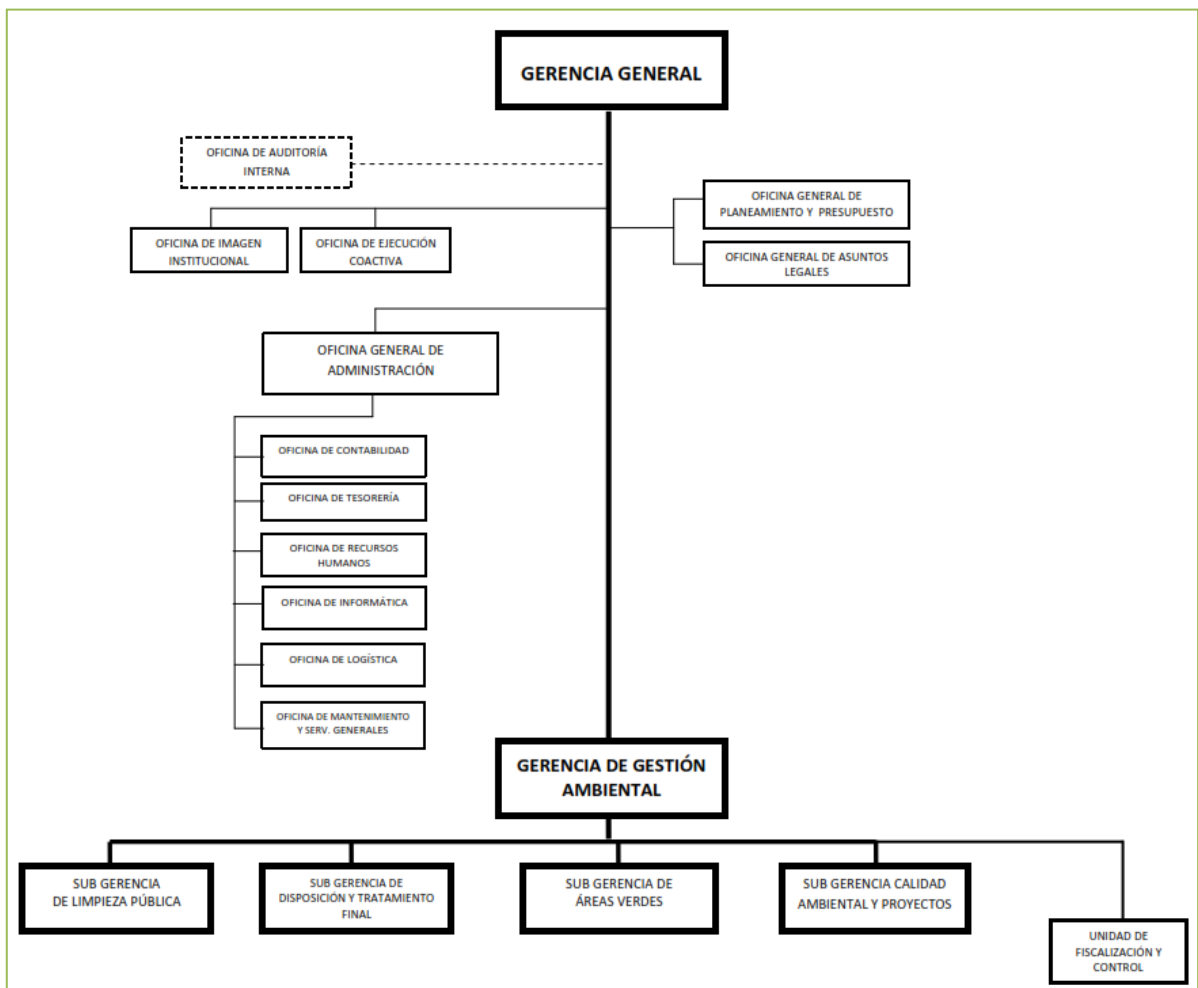
Como institución, “el SEGAT es una institución modelo en gestión ambiental sostenible reconocida en el ámbito nacional e internacional que contribuye a mejorar la calidad de vida de la población trujillana.”

A nivel de resultados, “Trujillo es una ciudad ordenada, limpia, verde y saludable que mejora su calidad de vida de sus habitantes mediante el trabajo concertado y la responsabilidad compartida entre el gobierno local, instituciones y la sociedad civil organizada.”

3.3 Organigrama

El SEGAT cuenta con cinco subgerencias encargadas de gestionar sus actividades en coordinación con la gerencia de gestión ambiental. A su vez, ésta responde a la gerencia general encargada de planificar y administrar los proyectos direccionados al cuidado del medio ambiente de la mano con la Municipalidad Provincial de Trujillo.

Figura 12: Organigrama del SEGAT



Fuente: SEGAT (2016)

La aplicación del estudio se llevará a cabo en la Subgerencia de Disposición y Tratamiento Final, en conjunto con la Subgerencia de Limpieza Pública, las cuales son dependientes de la Gerencia de Gestión Ambiental. El área de Disposición y Tratamiento final se encarga, principalmente, de desarrollar programas alternos, los cuales permitan reducir, reutilizar y reciclar residuos orgánicos e inorgánicos y de esta manera minimizar la cantidad de desperdicio que llegan al botadero “El Milagro”. Mientras que, el área de Limpieza Pública, es el órgano encargado de programar, dirigir, ejecutar, coordinar y supervisar las actividades de aseo urbano, recolección, transporte de los residuos de competencia municipal, directamente o bien con ayuda de inversión privada. Esta subgerencia, es también la responsable de erradicar los desmontes que se encuentran en vías y áreas de acceso público. (SEGAT, 2016)

3.4 Maquinarias y Equipos

El SEGAT cuenta con 90 unidades móviles disponibles entre maquinarias y vehículos. La tabla 10 muestra la distribución actual de sus equipamientos.

Tabla 12: Lista de maquinarias - SEGAT

MAQUINARIA Y UNIDADES VEHICULARES	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
BARREDORA MECÁNICA	1
GENERADOR	1
MAQ. MENORES	1
CAMIÓN CISTERNA	6
CAMIÓN FURGÓN	4
CAMIÓN GRUA	2
TRACTOR GRUA	1
CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	2
CAMIÓN VOLQUETE	6
CAMIONETA	5
CARGADOR FRONTAL	3
COMPACTADOR DE BASURA	22
MOTOCAR	31
MOTOCICLETA	4
VEHICULO APOYO	1
TOTAL	90

Fuente: SEGAT (2015)

3.5 Descripción del Área objeto de Análisis

3.5.1 Descripción del Botadero “El Milagro”

El botadero “ El Milagro” se encuentra ubicado en el distrito de Huanchaco, centro poblado Menor El Milagro, a 13km aproximadamente del centro histórico. Inició sus operaciones en 1989 gestionada por el Gobierno Regional de La Libertad.

En julio del 2009 fueron transferidas las 50.27ha a la Municipalidad Provincial de Trujillo, el cual autoriza a este botadero como único centro de Disposición Final de la Provincia de Trujillo, con excepción de Laredo, Simbal y Poroto. Sin embargo solo cuenta con 3km de construcción de cerco perimétrico y se utiliza aproximadamente 34% del área total.

Figura 13: Botadero "El Milagro"



Fuente: Google Maps (2016)

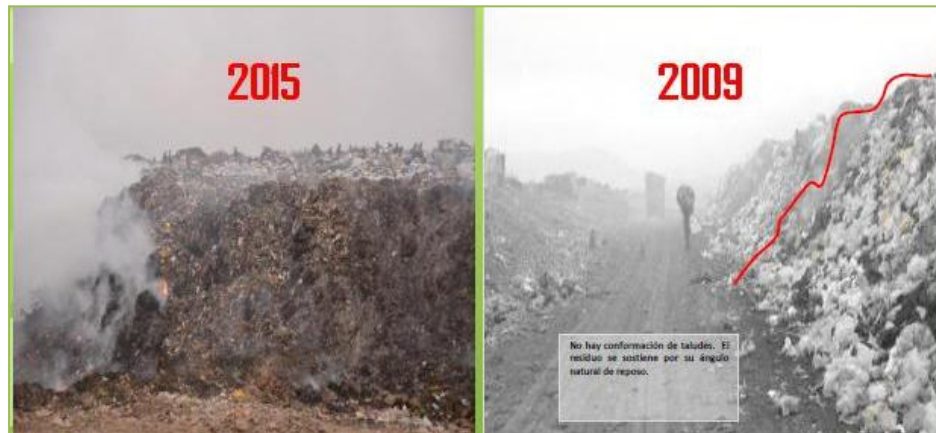
El botadero “EL Milagro” recibe a diario desperdicios de diez instituciones públicas entre ellas: Municipalidad Distrital de El Porvenir, Municipalidad Distrital de Florencia de Mora, Municipalidad Distrital de Víctor Larco, Municipalidad Distrital de Huanchaco, Municipalidad Distrital de Salaverry, Municipalidad Distrital de La Esperanza, Municipalidad Distrital de Moche, Centro Poblado Menor Alto Trujillo, Centro Poblado Menor El Milagro y la Municipalidad Provincial de Trujillo.

Sin embargo, la mala gestión en el control de los residuos lo ha convertido en un factor perjudicial para la salud de la población que reside a sus alrededores.

Por otro lado, diariamente ingresa 1061 toneladas de residuo separadas en tres plataformas. El 30% del total de residuos pertenece, solamente, a la Municipalidad Provincial de Trujillo.

Como consecuencia, el espacio de las plataformas queda reducido debido al aumento de los residuos recibidos diariamente. Lamentablemente la solución ha venido siendo, durante años, quemar la basura para generar más espacio.

Figura 14: Altura de acumulación de residuos



Fuente: SEGAT (2015)

Las llantas, por ejemplo, son quemadas a cielo abierto generando gran contaminación, con la finalidad de retirar el acero que se encuentra dentro de ellas.

3.5.2 Análisis del Impacto Ambiental en el botadero “El Milagro”

Para valorizar las consecuencias del descarte inapropiado de llantas en el botadero “El Milagro” se realizó un estudio de impacto ambiental por medio de la aplicación de ecoindicadores presentados (tabla 15).

El número final arrojado por el análisis realizado para el descarte indebido de llantas inservibles tiene un valor de -342 lo que significa que el impacto ambiental es negativo y de gran magnitud.

Tabla 13: Impacto Ambiental - Estado Actual

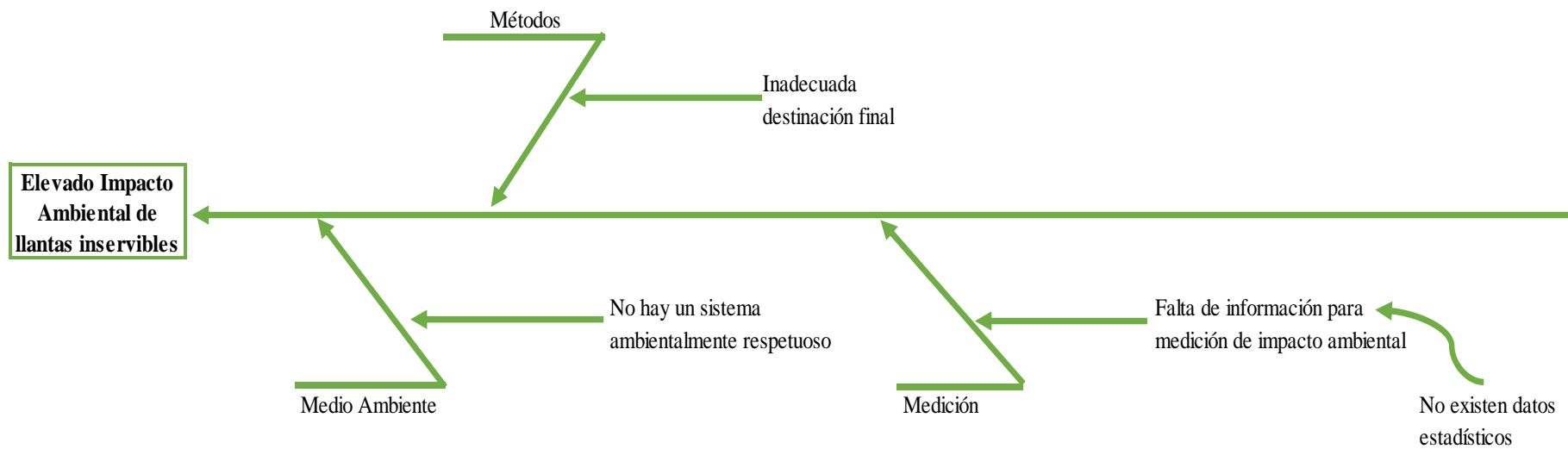
Componente Ambiental	Tipo de Impacto	Naturaleza	Relevancia	Intensidad	Área de Influencia	Plazo de manifestación o Momento	Permanencia del Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Relación Causa-Efecto	Regularidad de Manifestación	Nivel de importancia	Índice de importancia
Edafología	<i>Pérdida del suelo</i>	-1	6	2	2	1	4	4	4	1	4	4	2	Moderado	34
	<i>Alteración de la calidad del suelo por aceites de combustión</i>	-1	6	12	2	4	4	4	8	2	4	4	1	Alto	71
Fisiografía	<i>Alteración del relieve y forma del terreno</i>	-1	6	4	2	2	2	2	2	1	4	4	4	Moderado	37
Medio acústico	<i>Incremento de los niveles de ruido y vibraciones</i>	-1	6	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	Moderado	33
Calidad del Aire	<i>Alteración de la calidad del aire por caminos no pavimentados</i>	-1	8	4	8	2	4	2	2	2	4	1	2	Alto	63
	<i>Alteración de la calidad del aire por emisiones de gases de combustión</i>	-1	4	12	12	2	4	4	4	4	4	4	1	Alto	58
Fauna	<i>Afectación de la fauna por infecciones causadas por mosquitos</i>	-1	2	8	2	2	2	2	2	2	1	4	1	Leve	15
Flora	<i>Pérdida de cobertura vegetal por deterioro del suelo</i>	-1	4	12	2	2	2	2	4	2	1	4	2	Moderado	39
Economía local	<i>Generación de puestos de trabajo</i>	1	4	2	0	0	2	0	0	0	0	4	0	Leve	8
VALOR PONDERADO DEL IMPACTO AMBIENTAL															-342

Fuente: Elaboración propia

3.6 Identificación de problemas e indicadores actuales

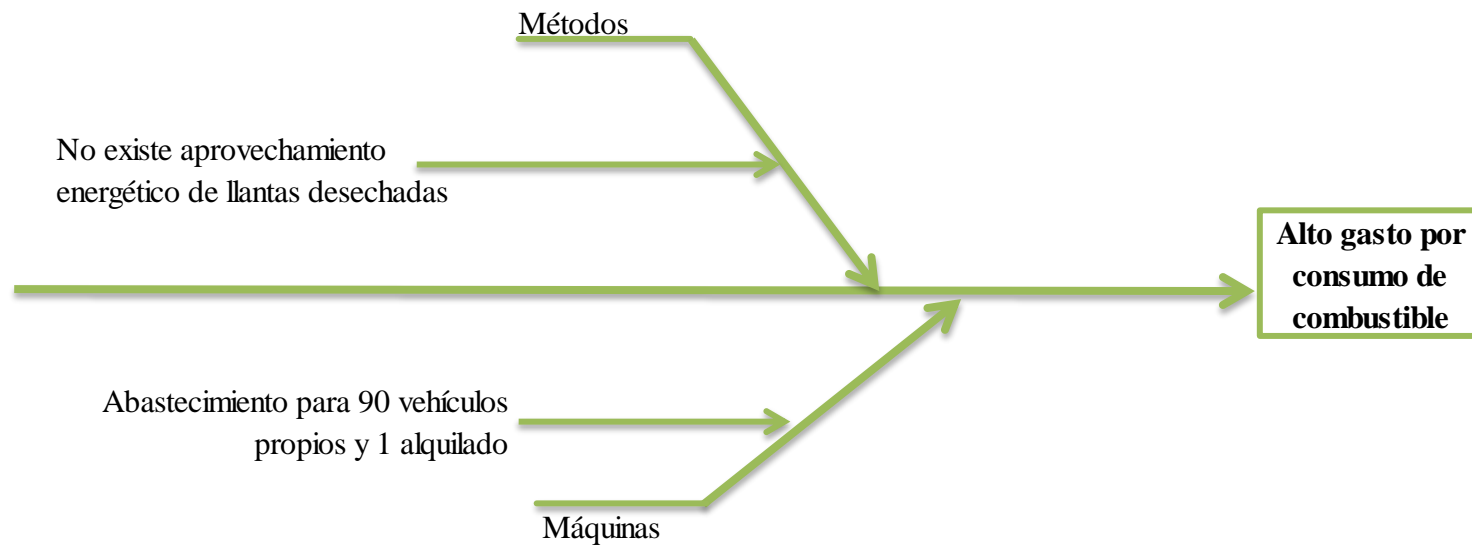
3.6.1 Diagrama de Ishikawa para identificar causas raíces

Figura 15: Diagrama de Ishikawa para Variable 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Diagrama de Ishikawa para Variable 2



Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Indicadores y metas proyectadas

De acuerdo a las problemáticas encontradas, se plantean las siguientes propuestas las para solucionar las causas raíces identificadas.

Tabla 14: Indicadores de causas raíces

Causas Raíces		Indicador	Valor actual	Valor Meta	Herramienta
CR1	No hay un sistema ambientalmente respetuoso	Ecoindicadores	-342	Reducir en 70%	Matriz de Impacto Ambiental
CR2	Inadecuada destinación final de llantas inservibles				
CR3	No existe datos estadísticos de llantas inservibles	Toneladas/año	Valor desconocido	Identificar cifras actuales y futuras	Proyecciones estadísticas
CR4	No existe aprovechamiento energético de llantas inservibles	Gasto	S/. 2'277,208	Reducir en 50%	Logística Inversa
CR5	Abastecimiento de combustible para 91 máquinas	Galones/año	225,848.86	112924.43	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4

SOLUCION PROPUESTA

4.1 Proyección estadística de llantas inservibles

Basados en las estadísticas recogidas del INEI (2016) y Fajardo y Vergaray (2014), se elaboró una proyección de llantas inservibles hasta el año 2026 (ver anexo C) para la Región La Libertad como se muestra en la tabla 16.

Tabla 15: Proyección de llantas inservibles - La Libertad

AÑO	Llantas inservibles (und)	Llantas inservibles (ton)	Representatividad Provincia de Trujillo
2008	228,896.12	5,849.16	3,042.74
2009	234,051.86	5,998.57	3,120.48
2010	239,981.92	6,162.24	3,205.60
2011	277,533.42	7,202.43	3,746.71
2012	305,652.93	7,938.90	4,129.82
2013	326,852.76	8,953.99	4,657.87
2014	361,923.67	10,156.44	5,283.39
2015	399,409.29	11,473.08	5,968.31
2016	438,705.36	12,879.02	6,699.68
2017	479,273.09	14,351.97	7,465.91
2018	520,633.63	15,872.06	8,256.66
2019	562,363.04	17,421.64	9,062.76
2020	633,790.95	19,918.58	10,361.67
2020	604,087.57	18,985.08	9,876.06
2021	645,479.36	20,548.56	10,689.38
2022	686,252.37	22,100.00	11,496.45
2023	726,158.65	23,628.83	12,291.75
2024	764,984.97	25,125.90	13,070.52
2025	802,549.57	26,583.31	13,828.66

Fuente: Elaboración propia

La población del Distrito de Trujillo (considerando únicamente los Distritos que dejan sus residuos en el botadero) representa 52% del total poblacional en la Región La Libertad. (INEI, 2014)

Por ello, la tercera columna de la tabla 16, muestra la proyección con base a esa representatividad ya que se deduce que, a mayor porcentaje de habitantes, mayor será el porcentaje del parque automotor.

Como es mencionado anteriormente, el ingreso promedio diario de residuo sólido es de 1061 toneladas, sin embargo sólo el 0.23% son llantas, como muestra la tabla

17. Es decir, en promedio el SEGAT recoge diariamente 2.44 toneladas de llantas inservibles.

Tabla 16: Composición Física de los RRSS del Distrito de Trujillo

N°	TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	COMPOSICIÓN PORCENTUAL %
RESIDUOS ORGÁNICOS		
1	Materia Orgánica	53.36
2	Madera, follaje	1.62
RESIDUOS RECICLABLES		
3	Papel	2.60
4	Cartón	3.12
5	Vidrio	2.77
6	Plástico PET	1.43
7	Plástico duro	2.15
8	Bolsas	7.45
9	Tetrapak	0.60
10	Tecnopor y similares	1.20
11	Metal	1.80
12	Telas, textiles	0.79
13	Caucho, jebe	0.23
RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS		
14	Pilas	0.03
15	Restos de medicina, focos	0.13
16	Residuos sanitarios	12.54
RESIDUOS NO APROVECHABLES		
17	Residuos inertes	8.05
18	Otros (corrospun)	0.12
TOTAL		100%

Fuente: SEGAT (2015)

Desde el inicio del ejercicio hasta el día de hoy no existen antecedentes que indiquen que el SEGAT haya realizado algún convenio para darle tratamiento a estas llantas fuera de uso. Sin embargo, recolectores informales han incinerado estos productos para recuperar el acero que los componen, estimando una pérdida del 50% anual desde el 2007 hasta el 2016. Con estos datos es posible calcular un inventario inicial de 7895.1 toneladas de llantas inservibles en el botadero El Milagro.

Se observa que hay materia prima disponible para poder elaborar un análisis económico de las capacidades de producción (2.5, 5, 10 y 20 toneladas de procesamiento) de los sistemas de pirolisis establecidos por la empresa Technokomplex.

4.2 Propuesta de Logística Inversa de llantas inservibles

Según lo revisado en la base teórica, la logística inversa son todos los esfuerzos de mover productos mediante una gestión eficiente para recobrar valor o facilitar su adecuada eliminación. Es por ello que la propuesta para solucionar tanto los pasivos ambientales generados por el desecho indebido de los neumáticos en el medio ambiente y el alto gasto del SEGAT por el consumo de combustible para sus maquinarias y vehículos es implementar un sistema de aprovechamiento energético por medio del proceso de pirolisis con el cual se puedan eliminar las llantas inservibles descartada en el medio ambiente y utilizar el combustible generado para reducir los gastos por el mismo.

4.2.1 Pirolisis de Llantas Inservibles

Según Camilo (2010), en términos ambientales, el proceso es “limpio”, resuelve íntegramente el problema del descarte de los neumáticos inservibles y, debido a que aprovecha más del 90% de los materiales componentes del neumático, se puede atribuir al proceso, también, un beneficio social en la medida de su potencial de generación de fuentes energéticas.

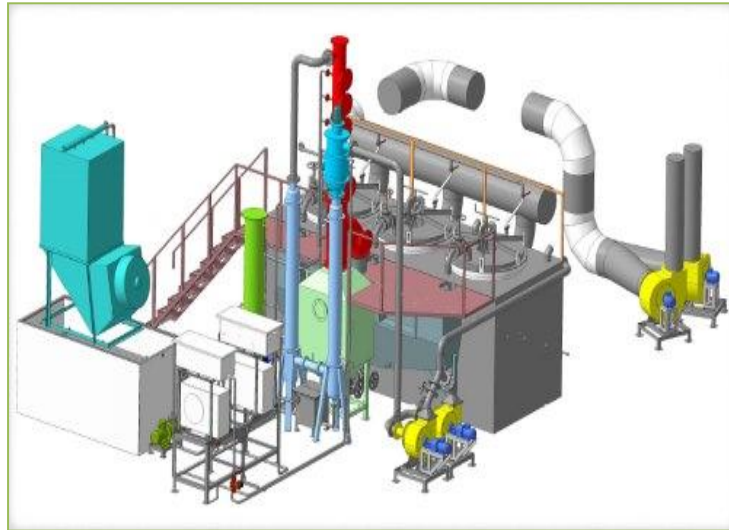
Como se hace referencia en la base teórica, los productos del sistema de pirolisis de llantas son: carbón, aceite – combustible y gas. Asimismo, se puede obtener un porcentaje de acero al triturar la llanta para su posterior descomposición. Tanto el gas como el carbón son reutilizados para el autoabastecimiento energético de la planta de pirolisis.

El producto líquido debe ser destilado en una mini refinería a fin de formar combustible que pueda ser utilizado en las unidades del SEGAT.

El porcentaje resultante de estos productos varía de acuerdo con la capacidad del reactor de pirolisis, la presión en el sistema, temperatura, velocidad de los gases y tiempo de estadía en el reactor.

Como se puede observar, es un sistema muy adaptable que no solamente se puede usar para llantas sino también para plásticos y residuos orgánicos obteniendo como resultado, de éste último, carbón y aceite vegetal.

Figura 17: Modelo de planta de pirolisis "Pirotex"



Fuente: Technokomplex (2016)

Los sistemas propuestos están basados en estudios realizados por la compañía rusa Technokomplex, según las especificaciones de la planta Pirotex las cuales determinan resultados para el carbón de 45%, aceite combustible 35%, gas 10% y metal recuperado 10% con relación al peso de la materia prima procesada, independientemente de la capacidad de procesamiento del sistema.

4.2.2 Maquinarias y Equipos:

Las plantas de pirolisis no requieren grandes áreas para los equipos y, operando con el sistema *just-in-time*, tampoco necesitan de mayores espacios de almacenamiento de materia prima y productos resultantes.

Existe una mínima variación en el sistema presentado entre una u otra empresa que brindan el servicio de instalación de planta de pirolisis de llanta.

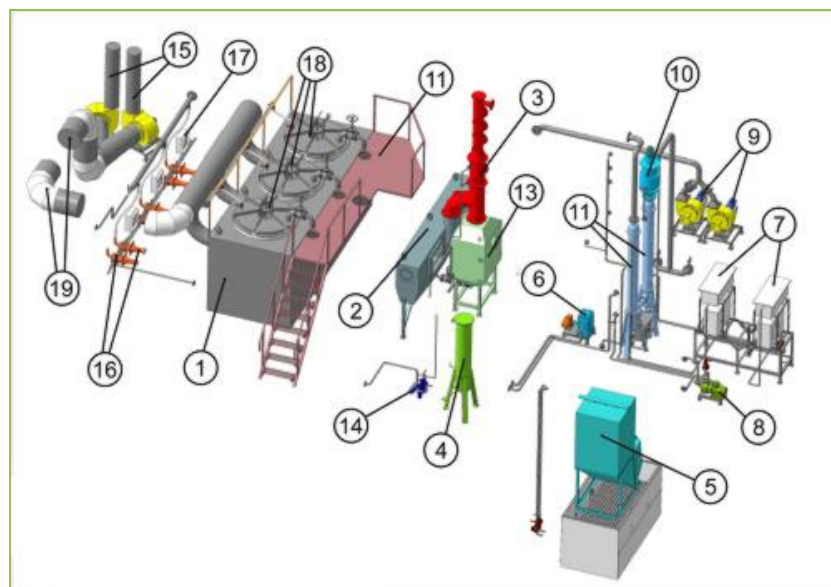
En términos generales, las maquinarias y equipos pueden ser agrupados en:

- Zona de pirolisis: conformado por el horno y reactor pirolítico de tres cámaras.
- Línea de quimeosíntesis: conformados por los intercambiadores de calor, condensadores y ventiladores de presión media.
- Zona de tratamiento de gases: conformada por los aspiradores de humo, sistema de ventilación de gases de desechos.
- Zona de tratamiento de combustible: conformada por la mini refinería.

- Zona de generación de energía: conformada por el sistema de generación de energía eléctrica.
- Zona de control: formado por equipos de medida de control y de equipos de fuerza.

En la figura 17 se puede observar la distribución de la planta de pirolisis propuesta por la empresa Technokomplex.

Figura 18: Maquinarias del modelo de planta "Pirotex"



Fuente: Technokomplex (2016)

Este sistema permite extraer el componente líquido del pirogas sin pérdidas.

Posee una tecnología especialmente diseñada para remover gases de desecho que aparecen por efecto de combustión de combustible en los quemadores. De esta manera, permite operarlos sin que produzcan casi nada de humos y olores.

Para el tratamiento del líquido combustible, la empresa Technokomplex, adiciona la instalación de una mini refinería que sirve sólo como un sistema auxiliar a la planta de pirolisis.

Figura 19: Mini refinera de combustible de pirolisis



Fuente: Technokomplex (2016)

Asimismo, los gases resultantes del proceso de pirolisis son conducidos hacia una central de generaci3n de energa el3ctrica que permitir3 reabastecer la energa el3ctrica requerida para el funcionamiento del sistema. Se estima que el procesamiento de 20 toneladas de llantas inservibles al d3a asegura el funcionamiento de una central de capacidad de 1.4MW/h.

Figura 20: Central el3ctrica de planta de pirolisis



Fuente: Technokomplex (2016)

La tabla 17 muestra la relaci3n de las maquinarias referente a la figura 18, 19 y 20.

Tabla 17: Lista de maquinarias y equipo

Maquinarias y Equipos	Cantidad
Horno de pirolisis	01
Almacenador	01
Depurador	01
Tanque de suministro de combustible	01
Torre de enfriamiento	01
Bomba de fracciones pesadas	01
Enfriadores	02
Ventiladores de presión	01
Separador centrífuga	02
Tubo condensador	02
Receptor de combustible condensado	01
Bomba de transferencia de combustible de pirolisis para calderas	01
Extractor de gases	01
Chimenea	01
Quemadores combinados	02
Unidad de control de quemadores	02
Crisoles	01
Extractor de Humo	03
Sistema de mini refinería	01
Sistema de generación de EE	01

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Descripción del sistema:

El proceso inicia con la carga de materia prima en los crisoles. El tiempo de carga es de 2 a 3 horas y un operador responsable por el control y abastecimiento de materia prima para esta máquina.

Vinculado a la puerta del reactor, la placa de presión hidráulica emite la presión sobre la materia prima en el reactor cuando el motor se abre del alimentador automático. Inclusive no es un problema para el alimentador colocar llantas enteras con dimensiones características de los neumáticos “paseo” convencionales y *commercial*.

La sección del proceso de pirolisis está conformada principalmente por el reactor pirolítico. En términos generales, este equipo es la base para el proceso de generación de combustible por medio de la pirolisis de neumáticos (ausencia de oxígeno durante la combustión del material).

El horno de pirolisis con aislamiento térmico y revestido con basalto sirve para el aislamiento y acumulación de calor que procede de los quemadores de gas y gasóleo, eso también permite ahorrar en el agente de transferencia térmica gracias a esta solución de ingeniería. Las paredes del horno de tres cámaras consisten en tres capas de metal previsto de revestimiento aislante térmico que conserva dentro temperatura de hasta 700°C. Todos los elementos exteriores se calientan hasta máximo 50°C.

Primeramente los crisoles se calientan con aire caliente de combustible líquido. El calentamiento es paulatino, cuando el primer crisol llega a los 200°C, el segundo es de 60°C y el tercero de 30°C. Esto permite ahorrar energía eléctrica. Dentro de 40 minutos después del lanzamiento empieza la reacción de pirolisis, los sopletes se apagan y la instalación se mantiene con el combustible de gas en régimen autónomo. La presencia durante largo tiempo de los vapores del líquido de pirolisis en la zona de temperaturas altas provoca un craqueo secundario, y los vapores se descomponen en gases no condensables bajo condiciones normales. Se requiere energía calorífica adicional para el craqueo secundario.

Aquel calor adicional se denomina calentamiento externo que genera gases de combustión dentro del horno que contiene el reactor, los cuales antes de ser liberados al ambiente deben pasar por un proceso de filtrado.

Durante el proceso de pirolisis bajo la influencia de calor externo a diferentes intervalos de tiempo, se producen diferentes cantidades de pirogas en el crisol donde está el caucho, este gas es bombeado fuera de la zona de reacción por medio de ventilador de gas. La cavitación en el crisol de fundición se regula por medio del sistema de sensores de presión conectados con el regulador de frecuencia que instala las revoluciones correspondientes en el ventilador.

Según la CETESB (2015), los gases de combustión dejan la cámara del incinerador a una temperatura entre 800 e 1000°C y deben ser enfriados antes de ser sometidos a cualquier proceso convencional de tratamiento, mediante un intercambiador de calor. De esta forma, la temperatura de los gases de combustión baja, situándose

entre 200 y 400°C, permitiendo remover gran cantidad de partículas resultantes de la combustión de los residuos como a dioxina.

Al terminar el proceso los residuos de carbono tienen una temperatura de 350 grados y necesitan un tiempo de refrigeración de 10 horas.

La polución de la atmósfera por parte de la planta casi no existe. Los gases provenientes del horno de pirolisis son enfriados pasan a un extractor de cenizas incorporado al reactor de pirolisis, responsable por reducir aún más el impacto ambiental de los gases de combustión. Finalmente, los gases son liberados al ambiente por una chimenea. El volumen de desechos es más bajo de lo aceptable.

El gas de pirolisis es separado del carbón, luego entra al proceso de limpieza en el área de condensación por medio de tubos condensadores en forma de serpentina.

El gas de pirolisis se usa en su totalidad para mantener su funcionamiento de la planta en acción. Lo más rentable es usar productos de reciclaje en calidad de portadores de energía.

Para mejorar la calidad del gas, pasa por el proceso de sistema *Quencher*, enfriamiento por adición de agua en la máquina de separación de óleo pesado y gas.

El líquido combustible puede usarse para alimentar los equipos de caldera. Existe una posibilidad de separación por fracciones con el fin de obtener diferentes productos como: gasolina, kerosene, gasóleo, entre otros.

El gas se va suministrando con ayudas de ventiladores. El equipo de generación de energía eléctrica es compuesto por una turbina que contiene ventilador, sistema de condensación y bomba de agua.

La instalación no es explosiva. Esta instalación es fácil de usar y puede funcionar hasta 300 días por año aproximadamente con un tiempo de procesamiento de 14 horas por *batch* de 2.5 toneladas y 24 horas por *batch* de 20 toneladas. Así también se puede procesar 5 y 10 toneladas.

4.3 Diagrama Hombre – Máquina

A continuación será presentado el diagrama Hombre – Máquina para cada propuesta y de esta manera determinar la cantidad de turnos y personal requerido para cada propuesta.

4.3.1 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta 2.5 toneladas:

Según las especificaciones de la empresa proveedora para la capacidad de procesamiento de 2.5 ton/día, los tiempos de procesos son como siguen:

Tabla 18: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P1

Tiempo (h)	Operarios	PIROLISIS	Mini Refinería	Tiempo (h)
1	Alimentación / carga de Reactor 2 h			1
2				2
3		Procesamiento Pirolisis 7 h		3
4				4
5				5
6				6
7				7
8				8
9				9
10		Enfriamiento del Reactor 3 h	Procesamiento Refinería 5 h	10
11				11
12				12
13	Descarga de Reactor 2h			13
14				14

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el diagrama Hombre-Máquina para la propuesta n° 1, el tiempo total de operaciones durará 14 horas por lo que se deberá contratar personal durante 2 turnos al día.

El personal requerido para esta capacidad de sistema es de 1 supervisor y 2 operarios por turno, por lo tanto se necesitarán contratar 2 supervisores y 4 operarios al mes.

4.3.2 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta de 5 toneladas:

Según las especificaciones para el sistema de capacidad de procesamiento de 5 toneladas por día, los tiempos de procesos son los siguientes:

Tabla 19: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P2

Tiempo (h)	Operarios	PIROLISIS	Mini Refinería	Tiempo (h)
1	Alimentación / carga de Reactor 2 h			1
2				2
3		Procesamiento Pirolisis 7 h		3
4				4
5				5
6				6
7				7
8				8
9				9
10		Enfriamiento del Reactor 3 h	Procesamiento Refinería 5 h	10
11				11
12				12
13	Descarga de Reactor 2h			13
14				14

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el diagrama Hombre-Máquina para la propuesta n° 2, el tiempo total de operaciones durará 14 horas, al igual que la primera propuesta, para lo cual será necesario contratar personal para 2 turnos al día. El personal es un supervisor y dos operarios por turno.

Se necesitará contratar a 2 supervisores y 4 operarios al mes.

4.3.3 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta de 10 toneladas:

Para este sistema de 10 toneladas al día, los tiempos requeridos son:

Tabla 20: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P3

Tiempo (h)	Operarios	PIROLISIS	Mini Refinería	Tiempo (h)
1	Alimentación / carga de Reactor 3 h			1
2				2
3				3
4		Procesamiento Pirolisis 12 h		4
5				5
6				6
7				7
8				8
9				9
10				10
11				11
12				12
13				13
14				14
15				15
16		Enfriamiento del Reactor 3 h	Procesamiento Refinería 5 h	16
17				17
18				18
19	Descarga de Reactor 3h			19
20				20
21			21	

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama Hombre-Máquina para la propuesta n° 3 muestra que el tiempo total de operación será de 21 horas. Por lo tanto se requerirán de 3 turnos al día, es decir se requiere contratar a 3 supervisores y 9 operarios, pues en este caso la indicación por turno es de 3 operarios y 1 supervisor.

4.3.4 Diagrama Hombre – Máquina Propuesta de 20 toneladas:

En el caso del sistema de capacidad de 20 ton/día, el tiempo de operación llega a ser casi de un día completo, como se aprecia a continuación:

Tabla 21: Diagrama Hombre - Máquina Pirolisis de Llantas P4

Tiempo (h)	Operarios	PIROLISIS	Mini Refinería	Tiempo (h)
1	Alimentación / carga de Reactor 3 h			1
2				2
3				3
4		Procesamiento Pirolisis 14 h		4
5				5
6				6
7				7
8				8
9				9
10				10
11				11
12				12
13				13
14				14
15				15
16				16
17				17
18		Enfriamiento del Reactor 3 h	Procesamiento Refinería 5 h	18
19				19
20				20
21	Descarga de Reactor 3h			21
22				22
23			23	

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de esta propuesta el tiempo total de operaciones es de 23 horas al día, por lo que también será necesario contratar personal para 3 turnos. No obstante las recomendaciones para este sistema es tener 1 supervisor y 6 operarios por turno, por lo que el personal requerido es de 3 supervisores y 18 operarios al mes.

4.3 Análisis de Ecoindicadores del Sistema

El VI resultante de la propuesta de implementación de un sistema de pirolisis es -83, considerando la construcción de los cimientos y bases de la planta de pirolisis, reducción de gases contaminantes por incineración de llantas a cielo abierto, reducción de la posibilidad

de infección por picadura de mosquitos, entre otros. El cálculo del impacto se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 22: Impacto Ambiental - Planta Pirolisis de Llantas

ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE PIROLISIS DE LLANTA EN EL BOTADERO "EL MILAGRO"													
Lugar	Actividades Proyectadas	Edafología	Fisiografía	Medio Acústico	Calidad del Aire	Paisaje	Fauna	Flora	Arqueología	Agua superficial	Economía Local	Economía Regional	Infraestructura vial
Botadero "El Milagro"	Desplazamiento de vehículos dentro del botadero	-	-	Negativo	Negativo	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción de bases para planta de pirolisis	Negativo	Negativo	Negativo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Instalación de maquinarias para planta de pirolisis	-	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	-	-	-
	Contratación de personal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Positivo	Positivo	-
	pirolisis de llantas inservibles	-	-	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	-	-	-	Positivo	Positivo	-
	Uso de agua	-	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	-	-	-

Componente Ambiental	Tipo de Impacto	Naturaleza	Relevancia	Intensidad	Área de Influencia	Plazo de manifestación o Momento	Permanencia del Efecto	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Relación Causa - Efecto	Regularidad de Manifestación	Nivel de importancia	Índice de importancia
Edafología	Pérdida del suelo	-1	6	2	2	1	4	4	4	1	4	4	2	Moderado	34
Fisiografía	Alteración del relieve y forma del terreno	-1	6	4	2	2	2	2	2	1	4	4	4	Moderado	37
Medio acústico	Incremento de los niveles de ruido y vibraciones	-1	6	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	Moderado	33
Calidad del Aire	Alteración de la calidad del aire por caminos no pavimentados	-1	8	4	8	2	4	2	2	2	4	1	2	Alto	63
	Alteración de la calidad del aire por emisiones de gases de combustión	-1	4	2	8	2	4	2	2	2	4	1	2	Moderado	27
Agua superficial	Utilización de agua para el procesamiento de la planta	-1	6	4	2	4	4	4	8	1	4	4	4	Moderado	49
Fauna	Reducción de infecciones por picadura de mosquito	1	6	8	4	2	2	2	4	2	1	4	2	Alto	51
Flora	Reducción de pérdida de vegetación por lluvia ácida	1	4	8	8	1	2	2	4	2	1	1	2	Moderado	37
Paisaje	Eliminación de residuos sólidos del ambiente	1	4	8	2	4	4	2	4	4	4	4	4	Moderado	39
Economía local	Generación de puestos de trabajo	1	6	2	0	0	4	0	0	0	0	4	2	Leve	16
Economía Regional	Producción de combustible adicional a bajo precio	1	6	2	0	0	4	0	0	0	0	4	4	Leve	18
VALOR PONDERADO DEL IMPACTO AMBIENTAL															-83

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

EVALUACION ECONOMICA

5.1 Inversión para cada propuesta

Se evaluarán cuatro propuestas de inversión según la capacidad de los sistemas (2.5, 5, 10 y 20 toneladas por día).

Cabe indicar que por la compra de los productos en la empresa Technokomplex, ésta incluye el pago de los honorarios del capacitador profesional en la instalación durante 15 días. Sin embargo, se deberán cubrir los gastos de estadía y alimentación, como muestra la tabla 16.

Tabla 23: Inversión en capacitador

Inversión en especialista	Cantidad	Moneda
Pasajes capacitador =	5,250.00	S/.
Viáticos capacitador =	3,000.00	S/.
Inversión en capacitación =	8,250.00	S/.

Fuente: Elaboración propia

Según el número de Subpartida Nacional Arancelaria (8419.40.00.00) para este tipo de equipamientos, el porcentaje sobre el costo de la inversión es de 19%.

Además, para cada propuesta se tuvo en consideración el costo del envío vía marítima, el cual arrojó un resultado diferente según el peso total de los equipos y las dimensiones totales de los mismos.

5.1.1 Propuesta de inversión n°1:

Procesar 2.5 toneladas diarias (P1):

- Inversión de Equipamiento:

Tabla 24: Inversión en sistema de pirolisis P1

Inversión en sistema	Cantidad	Moneda
Costos equipamientos y capacitación =	721,645.92	S/.
Costos aranceles =	137,112.72	S/.
Costo de envío =	102,300.00	S/.
Inversión en Equipos =	961,058.64	S/.

Fuente: Elaboración propia

- Inversión en Infraestructura:

Tabla 25: Inversión en infraestructura P1

Inversión en construcción	Cantidad	Moneda
Área necesaria =	325	m ²
Costo área =	19,500.00	S/.
Perímetro =	36.06	M
Costo perímetro =	11,268.75	S/.
Inversión Infraestructura =	30,768.75	S/.

Fuente: Elaboración propia

La inversión total de la propuesta n° 1 es S/. 1,000,077.39.

5.1.2 Propuesta de inversión n°2:

Procesar 5 toneladas diarias (P2):

- Inversión de Equipamiento:

Tabla 26: Inversión en sistema de pirolisis P2

Inversión en sistema	Cantidad	Moneda
Costos equipamientos y capacitación =	969,265.93	S/.
Costos aranceles =	184,160.53	S/.
Costo de envío =	300,300.00	S/.
Inversión en Equipos =	1,453,726.45	S/.

Fuente: Elaboración propia

- Inversión en Infraestructura:

Tabla 27: Inversión en infraestructura P2

Inversión en construcción	Cantidad	Moneda
Área necesaria =	425	m ²
Costo área =	25,500.00	S/.
Perímetro =	41.24	M
Costo perímetro =	12,887.50	S/.
Inversión Infraestructura =	38,387.50	S/.

Fuente: Elaboración propia

La inversión total de la propuesta n° 2 es S/. 1,500,363.95.

5.1.3 Propuesta de inversión n°3:

Procesar 10 toneladas diarias (P3):

- Inversión de Equipamiento:

Tabla 28: Inversión en sistema de pirolisis P3

Inversión en sistema	Cantidad	Moneda
Costos equipamientos y capacitación =	1,337,034.43	S/.
Costos aranceles =	254,036.54	S/.
Costo de envío =	528,000.00	S/.
Inversión en Equipos =	2,119,070.97	S/.

Fuente: Elaboración propia

- Inversión en Infraestructura:

Tabla 29: Inversión en infraestructura P3

Inversión en construcción	Cantidad	Moneda
Área necesaria =	525	m ²
Costo área =	31,500.00	S/.
Perímetro =	45.83	M
Costo perímetro =	14,321.88	S/.
Inversión Infraestructura =	45,821.88	S/.

Fuente: Elaboración propia

La inversión total de la propuesta n° 3 es S/. 2,173,142.84.

5.1.4 Propuesta de inversión n°4:

Procesar 20 toneladas diarias (P4):

- Inversión de Equipamiento:

Tabla 30: Inversión en sistema de pirolisis P4

Inversión en sistema	Cantidad	Moneda
Costos equipamientos y capacitación =	2,065,320.31	S/.
Costos aranceles =	392,410.86	S/.
Costo de envío =	990,000.00	S/.
Inversión en Equipos =	3,447,731.17	S/.

Fuente: Elaboración propia

- Inversión en Infraestructura:

Tabla 31: Inversión en infraestructura P4

Inversión en construcción	Cantidad	Moneda
Área necesaria =	825	m ²
Costo área =	49,500.00	S/.
Perímetro =	57.45	M
Costo perímetro =	17,953.13	S/.
Inversión Infraestructura =	67,453.13	S/.

Fuente: Elaboración propia

La inversión total de la propuesta n° 4 es S/. 3,523,434.29.

5.2 Análisis ABC de los vehículos motorizados del SEGAT

Debido al elevado número de vehículos y maquinarias con las que cuenta el SEGAT, se aplicó el análisis ABC para determinar cuáles serían las unidades a abastecer de manera prioritaria, para lo cual se utilizó la información brindada por la entidad (ver anexo G).

5.2.1 ABC según la frecuencia de uso de los vehículos

Según las veces que son usados los diferentes tipos de vehículos, se determine su nivel de frecuencia. El resultado obtenido fue el siguiente:

Tabla 32: ABC de Frecuencia de uso de vehículos del SEGAT

Cód.	TIPO DE VEHICULO	% acum.	ABC
13	CAMIÓN CISTERNA	1.82%	A
14	CAMIÓN CISTERNA	3.65%	A
15	CAMIÓN CISTERNA	5.47%	A
16	CAMIÓN CISTERNA	7.29%	A
18	COMPACTADOR DE BASURA	9.12%	A
25	COMPACTADOR DE BASURA	10.94%	A
26	COMPACTADOR DE BASURA	12.77%	A
27	COMPACTADOR DE BASURA	14.59%	A
31	COMPACTADOR DE BASURA	16.41%	A
36	COMPACTADOR DE BASURA	18.24%	A
43	MAQ. MENORES	20.06%	A
46	CAMIÓN FURGÓN	21.88%	A
47	CAMIÓN FURGÓN	23.71%	A
88	CAMIÓN VOLQUETE	25.53%	A
89	CAMIÓN VOLQUETE	27.36%	A
4	CAMIONETA	29.03%	A
6	CAMIONETA	30.70%	A
8	CAMIONETA	32.37%	A
11	CARGADOR FRONTAL	34.04%	A
17	CAMIÓN CISTERNA	35.71%	A
29	COMPACTADOR DE BASURA	37.39%	A
35	COMPACTADOR DE BASURA	39.06%	A
37	COMPACTADOR DE BASURA	40.73%	A
38	COMPACTADOR DE BASURA	42.40%	A
39	COMPACTADOR DE BASURA	44.07%	A
41	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	45.74%	A
49	MOTOCICLETA	47.42%	A
51	MOTOCICLETA	49.09%	A
52	MOTOCAR	50.76%	A
66	MOTOCAR	52.43%	A
68	MOTOCAR	54.10%	A
74	MOTOCAR	55.78%	A
75	MOTOCAR	57.45%	A
79	MOTOCAR	59.12%	A
81	MOTOCAR	60.79%	A
84	VEHICULO APOYO	62.46%	A
5	CAMIONETA	63.98%	A
48	MOTOCICLETA	65.50%	A
54	MOTOCAR	67.02%	A
57	MOTOCAR	68.54%	A
58	MOTOCAR	70.06%	A
65	MOTOCAR	71.58%	A

69	MOTOCAR	73.10%	A
77	MOTOCAR	74.62%	A
3	CAMIÓN GRUA	75.99%	A
24	COMPACTADOR DE BASURA	77.36%	A
86	CAMIÓN VOLQUETE	78.72%	A
87	CAMIÓN VOLQUETE	80.09%	A
56	MOTOCAR	81.31%	B
83	TRACTOR GRUA	82.52%	B
20	COMPACTADOR DE BASURA	83.43%	B
61	MOTOCAR	84.35%	B
72	MOTOCAR	85.26%	B
7	CAMIONETA	86.02%	B
21	COMPACTADOR DE BASURA	86.78%	B
22	COMPACTADOR DE BASURA	87.54%	B
60	MOTOCAR	88.30%	B
63	MOTOCAR	89.06%	B
64	MOTOCAR	89.82%	B
78	MOTOCAR	90.58%	B
90	CAMIÓN VOLQUETE	91.34%	B
23	COMPACTADOR DE BASURA	91.95%	B
55	MOTOCAR	92.55%	B
85	CAMIÓN VOLQUETE	93.16%	B
10	CARGADOR FRONTAL	93.62%	B
34	COMPACTADOR DE BASURA	94.07%	B
45	CAMIÓN FURGÓN	94.53%	B
80	MOTOCAR	94.98%	B
1	BARREDORA MECÁNICA	95.29%	C
9	CARGADOR FRONTAL	95.59%	C
19	COMPACTADOR DE BASURA	95.90%	C
28	COMPACTADOR DE BASURA	96.20%	C
33	COMPACTADOR DE BASURA	96.50%	C
40	GENERADOR	96.81%	C
42	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	97.11%	C
53	MOTOCAR	97.42%	C
62	MOTOCAR	97.72%	C
67	MOTOCAR	98.02%	C
76	MOTOCAR	98.33%	C
2	CAMIÓN GRUA	98.48%	C
12	CAMIÓN CISTERNA	98.63%	C
30	COMPACTADOR DE BASURA	98.78%	C
32	COMPACTADOR DE BASURA	98.94%	C
44	CAMIÓN FURGÓN	99.09%	C
50	MOTOCICLETA	99.24%	C
59	MOTOCAR	99.39%	C

70	MOTOCAR	99.54%	C
71	MOTOCAR	99.70%	C
73	MOTOCAR	99.85%	C
82	MOTOCAR	100.00%	C

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 ABC según el gasto anual

Existen maquinarias y vehículos que por su tamaño y/o su recorrido son los que económicamente representan el mayor impacto para el SEGAT. A continuación la clasificación ABC para los vehículos según el gasto por consumo de combustible:

Tabla 33: ABC según gasto anual en combustible

Cód.	TIPO DE VEHICULO	% acum.	ABC
84	VEHICULO APOYO	6.66%	A
11	CARGADOR FRONTAL	11.85%	A
89	CAMIÓN VOLQUETE	16.71%	A
25	COMPACTADOR DE BASURA	21.30%	A
31	COMPACTADOR DE BASURA	25.73%	A
39	COMPACTADOR DE BASURA	29.95%	A
88	CAMIÓN VOLQUETE	34.02%	A
26	COMPACTADOR DE BASURA	37.92%	A
27	COMPACTADOR DE BASURA	41.56%	A
37	COMPACTADOR DE BASURA	45.07%	A
24	COMPACTADOR DE BASURA	48.50%	A
36	COMPACTADOR DE BASURA	51.85%	A
13	CAMIÓN CISTERNA	55.19%	A
16	CAMIÓN CISTERNA	58.44%	A
38	COMPACTADOR DE BASURA	61.62%	A
86	CAMIÓN VOLQUETE	64.59%	A
83	TRACTOR GRUA	67.52%	A
43	MAQ. MENORES	70.41%	A
87	CAMIÓN VOLQUETE	73.12%	A
14	CAMIÓN CISTERNA	75.82%	A
35	COMPACTADOR DE BASURA	78.28%	A
29	COMPACTADOR DE BASURA	80.65%	A
17	CAMIÓN CISTERNA	82.84%	B
3	CAMIÓN GRUA	84.70%	B
15	CAMIÓN CISTERNA	86.47%	B
46	CAMIÓN FURGÓN	87.92%	B
47	CAMIÓN FURGÓN	89.30%	B

21	COMPACTADOR DE BASURA	90.34%	B
18	COMPACTADOR DE BASURA	91.35%	B
4	CAMIONETA	92.32%	B
20	COMPACTADOR DE BASURA	93.07%	B
22	COMPACTADOR DE BASURA	93.67%	B
41	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	94.25%	B
9	CARGADOR FRONTAL	94.75%	B
6	CAMIONETA	95.23%	C
8	CAMIONETA	95.51%	C
74	MOTOCAR	95.79%	C
5	CAMIONETA	96.07%	C
52	MOTOCAR	96.33%	C
75	MOTOCAR	96.58%	C
34	COMPACTADOR DE BASURA	96.82%	C
57	MOTOCAR	97.03%	C
63	MOTOCAR	97.20%	C
58	MOTOCAR	97.37%	C
45	CAMIÓN FURGÓN	97.53%	C
69	MOTOCAR	97.67%	C
7	CAMIONETA	97.82%	C
61	MOTOCAR	97.96%	C
81	MOTOCAR	98.10%	C
51	MOTOCICLETA	98.23%	C
90	CAMIÓN VOLQUETE	98.36%	C
79	MOTOCAR	98.49%	C
68	MOTOCAR	98.61%	C
77	MOTOCAR	98.72%	C
65	MOTOCAR	98.83%	C
49	MOTOCICLETA	98.94%	C
54	MOTOCAR	99.04%	C
48	MOTOCICLETA	99.12%	C
64	MOTOCAR	99.19%	C
85	CAMIÓN VOLQUETE	99.27%	C
10	CARGADOR FRONTAL	99.34%	C
66	MOTOCAR	99.40%	C
72	MOTOCAR	99.47%	C
42	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	99.53%	C
23	COMPACTADOR DE BASURA	99.58%	C
40	GENERADOR	99.62%	C
56	MOTOCAR	99.66%	C
19	COMPACTADOR DE BASURA	99.69%	C
28	COMPACTADOR DE BASURA	99.71%	C
1	BARREDORA MECÁNICA	99.74%	C
60	MOTOCAR	99.77%	C

55	MOTOCAR	99.79%	C
2	CAMIÓN GRUA	99.82%	C
78	MOTOCAR	99.84%	C
80	MOTOCAR	99.86%	C
30	COMPACTADOR DE BASURA	99.88%	C
73	MOTOCAR	99.91%	C
53	MOTOCAR	99.93%	C
12	CAMIÓN CISTERNA	99.94%	C
33	COMPACTADOR DE BASURA	99.96%	C
32	COMPACTADOR DE BASURA	99.97%	C
50	MOTOCICLETA	99.97%	C
62	MOTOCAR	99.98%	C
44	CAMIÓN FURGÓN	99.99%	C
67	MOTOCAR	99.99%	C
76	MOTOCAR	99.99%	C
82	MOTOCAR	99.99%	C
71	MOTOCAR	100.00%	C
70	MOTOCAR	100.00%	C
59	MOTOCAR	100.00%	C

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 ABC según las principales funciones destinadas a los vehículos

Para realizar este análisis, se caracterizó a cada unidad motorizada una función, a la cual se le asignó un peso de ponderación:

Tabla 34: Peso según función

FUNCIÓN	PESO
LIMPIEZA	4
SEPARACIÓN	3
TRANSPORTE	2
OTROS	1

Fuente: Elaboración propia

A las máquinas y vehículos encargados de la limpieza pública de manera directa se le asignó un peso de 4 puntos. A los vehículos destinados a la separación, que auxilian en el ordenamiento del botadero se les colocó un peso 3. Las unidades encargadas de transporte de personal tuvieron un peso ponderado de 2 y los demás equipos, caracterizados en la categoría otros, un valor de 1 punto.

Tabla 35: ABC de la utilidad de las unidades motorizadas

N°	TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCIÓN	% acum.	ABC
25	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	1.69%	A
31	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	3.39%	A
39	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	5.08%	A
26	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	6.78%	A
27	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	8.47%	A
37	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	10.17%	A
24	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	11.86%	A
36	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	13.56%	A
38	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	15.25%	A
35	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	16.95%	A
29	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	18.64%	A
3	CAMIÓN GRUA	LIMPIEZA	20.34%	A
21	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	22.03%	A
18	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	23.73%	A
20	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	25.42%	A
22	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	27.12%	A
41	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	LIMPIEZA	28.81%	A
34	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	30.51%	A
42	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	LIMPIEZA	32.20%	A
23	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	33.90%	A
19	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	35.59%	A
28	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	37.29%	A
1	BARREDORA MECÁNICA	LIMPIEZA	38.98%	A
2	CAMIÓN GRUA	LIMPIEZA	40.68%	A
30	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	42.37%	A
33	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	44.07%	A
32	COMPACTADOR DE BASURA	LIMPIEZA	45.76%	A
11	CARGADOR FRONTAL	SEPARACIÓN	47.03%	A
89	CAMIÓN VOLQUETE	SEPARACIÓN	48.31%	A
88	CAMIÓN VOLQUETE	SEPARACIÓN	49.58%	A
86	CAMIÓN VOLQUETE	SEPARACIÓN	50.85%	A
83	TRACTOR GRUA	SEPARACIÓN	52.12%	A
87	CAMIÓN VOLQUETE	SEPARACIÓN	53.39%	A
9	CARGADOR FRONTAL	SEPARACIÓN	54.66%	A
90	CAMIÓN VOLQUETE	SEPARACIÓN	55.93%	A
85	CAMIÓN VOLQUETE	SEPARACIÓN	57.20%	A
10	CARGADOR FRONTAL	SEPARACIÓN	58.47%	A
84	VEHICULO APOYO	TRANSPORTE	59.32%	A
46	CAMIÓN FURGÓN	TRANSPORTE	60.17%	A
47	CAMIÓN FURGÓN	TRANSPORTE	61.02%	A

4	CAMIONETA	TRANSPORTE	61.86%	A
6	CAMIONETA	TRANSPORTE	62.71%	A
8	CAMIONETA	TRANSPORTE	63.56%	A
74	MOTOCAR	TRANSPORTE	64.41%	A
5	CAMIONETA	TRANSPORTE	65.25%	A
52	MOTOCAR	TRANSPORTE	66.10%	A
75	MOTOCAR	TRANSPORTE	66.95%	A
57	MOTOCAR	TRANSPORTE	67.80%	A
63	MOTOCAR	TRANSPORTE	68.64%	A
58	MOTOCAR	TRANSPORTE	69.49%	A
45	CAMIÓN FURGÓN	TRANSPORTE	70.34%	A
69	MOTOCAR	TRANSPORTE	71.19%	A
7	CAMIONETA	TRANSPORTE	72.03%	A
61	MOTOCAR	TRANSPORTE	72.88%	A
81	MOTOCAR	TRANSPORTE	73.73%	A
51	MOTOCICLETA	TRANSPORTE	74.58%	A
79	MOTOCAR	TRANSPORTE	75.42%	A
68	MOTOCAR	TRANSPORTE	76.27%	A
77	MOTOCAR	TRANSPORTE	77.12%	A
65	MOTOCAR	TRANSPORTE	77.97%	A
49	MOTOCICLETA	TRANSPORTE	78.81%	A
54	MOTOCAR	TRANSPORTE	79.66%	A
48	MOTOCICLETA	TRANSPORTE	80.51%	A
64	MOTOCAR	TRANSPORTE	81.36%	B
66	MOTOCAR	TRANSPORTE	82.20%	B
72	MOTOCAR	TRANSPORTE	83.05%	B
56	MOTOCAR	TRANSPORTE	83.90%	B
60	MOTOCAR	TRANSPORTE	84.75%	B
55	MOTOCAR	TRANSPORTE	85.59%	B
78	MOTOCAR	TRANSPORTE	86.44%	B
80	MOTOCAR	TRANSPORTE	87.29%	B
73	MOTOCAR	TRANSPORTE	88.14%	B
53	MOTOCAR	TRANSPORTE	88.98%	B
50	MOTOCICLETA	TRANSPORTE	89.83%	B
62	MOTOCAR	TRANSPORTE	90.68%	B
44	CAMIÓN FURGÓN	TRANSPORTE	91.53%	B
67	MOTOCAR	TRANSPORTE	92.37%	B
76	MOTOCAR	TRANSPORTE	93.22%	B
82	MOTOCAR	TRANSPORTE	94.07%	B
71	MOTOCAR	TRANSPORTE	94.92%	B
70	MOTOCAR	TRANSPORTE	95.76%	B
59	MOTOCAR	TRANSPORTE	96.61%	C
13	CAMIÓN CISTERNA	OTROS	97.03%	C
16	CAMIÓN CISTERNA	OTROS	97.46%	C

43	MAQ. MENORES	OTROS	97.88%	C
14	CAMIÓN CISTERNA	OTROS	98.31%	C
17	CAMIÓN CISTERNA	OTROS	98.73%	C
15	CAMIÓN CISTERNA	OTROS	99.15%	C
40	GENERADOR	OTROS	99.58%	C
12	CAMIÓN CISTERNA	OTROS	100.00%	C

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar el análisis ABC, se halló el promedio para la clasificación final:

Tabla 36: Análisis ABC Vehículos SEGAT

Cod.	TIPO DE VEHICULO	ABC Frec. Uso	ABC Gasto	ABC Utilidad	ANÁLISIS ABC
25	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
31	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
39	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
26	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
27	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
37	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
24	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
36	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
38	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
35	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
29	COMPACTADOR DE BASURA	A	A	A	A
3	CAMIÓN GRUA	A	B	A	A
18	COMPACTADOR DE BASURA	A	B	A	A
41	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	A	B	A	A
11	CARGADOR FRONTAL	A	A	A	A
89	CAMIÓN VOLQUETE	A	A	A	A
88	CAMIÓN VOLQUETE	A	A	A	A
86	CAMIÓN VOLQUETE	A	A	A	A
83	TRACTOR GRUA	B	A	A	A
87	CAMIÓN VOLQUETE	A	A	A	A
84	VEHICULO APOYO	A	A	A	A
46	CAMIÓN FURGÓN	A	B	A	A
47	CAMIÓN FURGÓN	A	B	A	A
4	CAMIONETA	A	B	A	A
21	COMPACTADOR DE BASURA	B	B	A	B
20	COMPACTADOR DE BASURA	B	B	A	B
22	COMPACTADOR DE BASURA	B	B	A	B
34	COMPACTADOR DE BASURA	B	C	A	B
23	COMPACTADOR DE BASURA	B	C	A	B

9	CARGADOR FRONTAL	C	B	A	B
90	CAMIÓN VOLQUETE	B	C	A	B
85	CAMIÓN VOLQUETE	B	C	A	B
10	CARGADOR FRONTAL	B	C	A	B
6	CAMIONETA	A	C	A	B
8	CAMIONETA	A	C	A	B
74	MOTOCAR	A	C	A	B
5	CAMIONETA	A	C	A	B
52	MOTOCAR	A	C	A	B
75	MOTOCAR	A	C	A	B
57	MOTOCAR	A	C	A	B
63	MOTOCAR	B	C	A	B
58	MOTOCAR	A	C	A	B
45	CAMIÓN FURGÓN	B	C	A	B
69	MOTOCAR	A	C	A	B
7	CAMIONETA	B	C	A	B
61	MOTOCAR	B	C	A	B
81	MOTOCAR	A	C	A	B
51	MOTOCICLETA	A	C	A	B
79	MOTOCAR	A	C	A	B
68	MOTOCAR	A	C	A	B
77	MOTOCAR	A	C	A	B
65	MOTOCAR	A	C	A	B
49	MOTOCICLETA	A	C	A	B
54	MOTOCAR	A	C	A	B
48	MOTOCICLETA	A	C	A	B
64	MOTOCAR	B	C	B	B
66	MOTOCAR	A	C	B	B
72	MOTOCAR	B	C	B	B
60	MOTOCAR	B	C	B	B
78	MOTOCAR	B	C	B	B
80	MOTOCAR	B	C	B	B
13	CAMIÓN CISTERNA	A	A	C	B
16	CAMIÓN CISTERNA	A	A	C	B
43	MAQ. MENORES	A	A	C	B
14	CAMIÓN CISTERNA	A	A	C	B
17	CAMIÓN CISTERNA	A	B	C	B
15	CAMIÓN CISTERNA	A	B	C	B
42	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	C	C	A	C
19	COMPACTADOR DE BASURA	C	C	A	C
28	COMPACTADOR DE BASURA	C	C	A	C
1	BARREDORA MECÁNICA	C	C	A	C
2	CAMIÓN GRUA	C	C	A	C

30	COMPACTADOR DE BASURA	C	C	A	C
33	COMPACTADOR DE BASURA	C	C	A	C
32	COMPACTADOR DE BASURA	C	C	A	C
56	MOTOCAR	B	C	B	C
55	MOTOCAR	B	C	B	C
73	MOTOCAR	C	C	B	C
53	MOTOCAR	C	C	B	C
50	MOTOCICLETA	C	C	B	C
62	MOTOCAR	C	C	B	C
44	CAMIÓN FURGÓN	C	C	B	C
67	MOTOCAR	C	C	B	C
76	MOTOCAR	C	C	B	C
82	MOTOCAR	C	C	B	C
71	MOTOCAR	C	C	B	C
70	MOTOCAR	C	C	B	C
59	MOTOCAR	C	C	C	C
40	GENERADOR	C	C	C	C
12	CAMIÓN CISTERNA	C	C	C	C

Fuente: Elaboración propia

5.3 Cantidad de combustible producido y ahorro generado con cada propuesta

Como fue mostrado anteriormente, el consumo de combustible en el botadero “El Milagro” para un vehículo alquilado es significativo respecto a los costos de operatividad. Adicionalmente a ello, el SEGAT cuenta con vehículos y maquinaria propia, los cuales también demandan un alto consumo de combustible, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 37: Demanda de combustible anual SEGAT

Descripción	Cantidad	Unidades	Costo (S/.)
Demanda de combustible para el botadero =	12,480.00	gal/año	S/. 143,520.00
Demanda de combustible vehículos SEGAT =	213,368.86	gal/año	S/. 2'133,688.60
DEMANDA DE COMBUSTIBLE =	225,848.86	gal/año	S/. 2'277,208.60

Fuente: Elaboración propia

El SEGAT estima S/. 11.50 por galón adquirido para la maquinaria alquilada en el botadero y S/. 10.00 por galón para la maquinaria propia; lo que finalmente da un resultado de S/. 2,277,208.60 al año en combustible.

5.3.1 Combustible y ahorro generado con la propuesta 1:

Procesando 2.5 ton al día se obtiene 54,207.31 galones de combustible destilado al año, lo cual cubre el 24% de la demanda de combustible requerida anualmente.

Los costos generados por la propuesta 1, así como la comparativa con los costos actuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 38: Ahorro con la Propuesta n°1

	C. Unit (S/.)	CONSUMO ANUAL	TOTAL PROPUESTA 1	TOTAL ACTUAL	AHORRO PROPUESTA 1
COSTOS BOTADERO					
Alquiler de tractor oruga (h/año)	240.00	2,496.00	S/. 599,040.00	S/. 599,040.00	S/. 0
Vigilancia (3)	750.00	3	S/. 27,000.00	S/. 27,000.00	S/. 0
Agua (tancada = 15m ³)	120.00	48.00	S/. 5,760.00	S/. 5,760.00	S/. 0
Diesel (gal/año)	11.50	-	S/. 0	S/. 143,520.00	S/. 143,520.00
Personal operativo (8)	750.00	8	S/. 72,000.00	S/. 36,000.00	S/. -36,000.00
Supervisor (2)	1,200.00	2	S/. 28,800.00	S/. 0	S/. -28,800.00
Agua necesaria proceso (m ³)	8.00	14,040.00	S/. 112,320.00	S/. 0	S/. -112,320.00
Costo de energía eléctrica (kW)	0.21	360.00	S/.87.96	S/. 0	S/. -87.96
COSTOS DE COMBUSTIBLE SEGAT					
Maquinaria y Unidades Vehiculares(gal/año)	10.00	171,641.55	S/. 1,716,415.48	S/. 2,133,688.60	S/. 417,273.12
COSTOS TOTALES =			S/. 2,561,423.44	S/. 2,945,008.60	
				AHORRO ANUAL =	S/. 383,585.16

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Combustible y ahorro generado con la propuesta 2:

Procesando 5 toneladas al día se obtienen 108,414.62 galones anuales, con lo cual se logra abastecer el 48% de combustible que el SEGAT adquiere.

Los costos generados por la propuesta 2, así como la comparativa con los costos actuales se muestran a continuación:

Tabla 39: Ahorro con la Propuesta n°2

	C. Unit (S/.)	CONSUMO ANUAL	TOTAL PROPUESTA 1	TOTAL ACTUAL	AHORRO PROPUESTA 1
COSTOS BOTADERO					
Alquiler de tractor oruga (h/año)	240.00	2,496.00	S/. 599,040.00	S/.599,040.00	S/. 0
Vigilancia (3)	750.00	3	S/. 27,000.00	S/. 27,000.00	S/. 0
Agua (tancada = 15m ³)	120.00	48.00	S/. 5,760.00	S/. 5,760.00	S/. 0
Diesel (gal/año)	11.50	-	S/. 0	S/. 143,520.00	S/. 143,520.00
Personal operativo (8)	750.00	8	S/. 72,000.00	S/. 36,000.00	S/. -36,000.00
Supervisor (2)	1,200.00	2	S/. 28,800.00	S/. 0	S/. -28,800.00
Agua necesaria proceso (m ³)	8.00	20,280.00	S/. 162,240.00	S/. 0	S/. -162,240.00
Costo de energía eléctrica (kW)	0.21	600.00	S/. 137.18	S/. 0	S/. -137.18
COSTOS DE COMBUSTIBLE SEGAT					
Maquinaria y Unidades Vehiculares (gal/año)	10.00	117,434.24	S/.1,174,342.37	S/.2,133,688.60	S/. 959,346.23
COSTOS TOTALES =			S/. 2,069,319.55	S/. 2,945,008.60	
				AHORRO ANUAL =	S/. 875,689.05

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Combustible y ahorro generado con la propuesta 3:

Si se procesan 10 ton/día durante un año, es posible suministrar el 96% del combustible requerido por el SEGAT, es decir, se producen 216,829.25 galones por año.

La tabla comparativa siguiente muestra los costos actuales y los costos de la propuesta n° 3, así como el ahorro anual.

Tabla 40: Ahorro con la Propuesta n°3

	C. Unit (S/.)	CONSUMO ANUAL	TOTAL PROPUESTA 3	TOTAL ACTUAL	AHORRO PROPUESTA 3
COSTOS BOTADERO					
Alquiler de tractor oruga (h/año)	240.00	2,496.00	S/.599,040.00	S/. 599,040.00	S/. 0
Vigilancia (3)	750.00	3	S/. 27,000.00	S/. 27,000.00	S/. 0
Agua (tancada = 15m ³)	120.00	48.00	S/. 5,760.00	S/. 5,760.00	S/. 0
Diesel (gal/año)	11.50	-	S/. 0	S/. 143,520.00	S/.143,520.00
Personal operativo (13)	750.00	13	S/. 117,000.00	S/. 36,000.00	S/. -81,000.00
Supervisor (3)	1,200.00	3	S/. 43,200.00	S/. 0	S/. -43,200.00
Agua necesaria proceso (m ³)	8.00	32,760.00	S/. 262,080.00	S/. 0	S/. -262,080.00
Costo de energía eléctrica (kW)	0.21	1,200.00	S/. 260.24	S/. 0	S/. 260.24
COSTOS DE COMBUSTIBLE SEGAT					
Maquinaria y Unidades Vehiculares (gal/año)	10.00	9,019.61	S/. 90,196.14	S/. 2,133,688.60	S/. 2,043,492.46
COSTOS TOTALES =			S/. 1,144,536.38	S/. 2,945,008.60	
				AHORRO ANUAL =	S/. 1,800,472.22

Fuente: Elaboración propia

5.3.4 Combustible y ahorro generado con la propuesta 4:

Con la propuesta de procesar 20 toneladas al día, se obtienen 433,658.49, lo que en porcentaje representa el 192% del volumen de combustible necesario por el SEGAT. En la tabla siguiente se puede observar que el ahorro respecto a la propuesta 3 es menor, debido a que los costos son mayores y se logra satisfacer casi el doble de la demanda:

Tabla 41: Costos y ahorro P4

	C. Unit (S/.)	CONSUMO ANUAL	TOTAL PROPUESTA 4	TOTAL ACTUAL	AHORRO PROPUESTA 4
COSTOS BOTADERO					
Alquiler de tractor oruga (h/año)	240.00	2,496.00	S/. 599,040.00	S/. 599,040.00	S/. 0
Vigilancia (3)	750.00	3	S/. 27,000.00	S/. 27,000.00	S/. 0
Agua (tancada = 15m ³)	120.00	48.00	S/. 5,760.00	S/. 5,760.00	S/. 0
Diesel (gal/año)	11.50	-	S/. 0	S/. 143,520.00	S/. 143,520.00
Personal operativo (22)	750.00	22	S/. 198,000.00	S/. 36,000.00	S/. -162,000.00
Supervisor (3)	1,200.00	3	S/. 43,200.00	S/. 0	S/. -43,200.00
Agua necesaria proceso (m ³)	8.00	57,720.00	S/. 461,760.00	S/. 0	S/. -461,760.00
Costo de energía eléctrica (kW)	0.21	2,400.00	S/. 506.36	S/. 0	S/. -506.36
COSTOS DE COMBUSTIBLE SEGAT					
Maquinaria y Unidades Vehiculares (gal/año)	10.00	-	S/. 0	S/. 2,133,688.60	S/. 2,133,688.60
COSTOS TOTALES =			S/. 1,335,266.36	S/. 2,945,008.60	
				AHORRO ANUAL =	S/. 1,609,742.24

Fuente: Elaboración propia

5.4 Análisis de Disponibilidad de Materia Prima

Como se señaló anteriormente, la cantidad de llantas inservibles recogidas por día es de 2.44 toneladas, para la evaluación de todas las propuestas se considera un stock inicial de 2,664.81 toneladas de llantas al final del 2016, para iniciar operaciones en el 2017. Para el cálculo del stock inicial se tomó en consideración nueve años desde que el SEGAT asumió la administración y control del botadero y se estima que el 50% ya no existe (destinado para otros fines).

En el cálculo de stock final de cada año, se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Stock Final}_{\text{año } n} = \text{Stock Final}_{\text{año } n-1} - \text{Producción anual} + \text{Stock Generado}_{\text{año } n}$$

5.4.1 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 1:

Tabla 42: Abastecimiento de Materia Prima P1

STOCK FINAL	Ton
2016	2664.81
2017	2837.23
2018	3110.53
2019	3486.66
2020	3966.54
2021	4550.18
2022	5236.77
2023	6024.82
2024	6912.22
2025	7896.33
2026	8974.09

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla n° 34, se cuenta con disponibilidad de materia prima para producir de manera estable durante 10 años, a un ritmo de producción de 2.5 toneladas al día.

5.4.2 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 2:

Tabla 43: Abastecimiento de Materia Prima P2

STOCK FINAL	Ton
2016	2057.23
2017	1550.53
2018	1146.66
2019	846.54
2020	650.18
2021	556.77
2022	564.82
2023	672.22
2024	876.33
2025	1174.09
2026	2057.23

Fuente: Elaboración propia

En este caso, procesando 5 toneladas al día, se observa que también se encuentra con la disponibilidad de material prima durante el tiempo de vida útil del proyecto.

Desde el año 2017 al 2021 se ve una disminución en la cantidad de stock disponible, sin embargo, del 2021 al 2022, el nivel de stock experimenta un crecimiento. Esto se debe a que durante los primeros 5 años, la producción se ve auxiliada con el inventario de materia prima inicial, el cual se va agotando ya que la cantidad de recolección es menor a la cantidad producida; no obstante la tendencia es al aumento con respecto a la recolección de llantas, por lo que desde el año 2021 la tasa de crecimiento anual es mayor a la tasa de producción.

5.4.3 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 3:

Tabla 44: Abastecimiento de Materia Prima P3

STOCK FINAL	Ton
2016	2057.23
2017	497.23
2018	-1569.47
2019	-3533.34
2020	-5393.46
2021	-7149.82
2022	-8803.23
2023	-10355.18
2024	-11807.78
2025	-13163.67
2026	-14425.91

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la propuesta 3 (procesar 10 ton/día), se puede ver que no se cuenta con abastecimiento suficiente para producir de manera estable. Solo puede se podría operar durante el 2017 y algunos meses del 2018, por lo que no es viable realizar esta propuesta.

5.4.4 Disponibilidad de Materia Prima para la propuesta n° 4:

Tabla 45: Abastecimiento de Materia Prima P4

STOCK FINAL	Ton
2016	2057.23
2017	-2622.77
2018	-4689.47
2019	-6653.34
2020	-8513.46
2021	-10269.82
2022	-11923.23
2023	-13475.18
2024	-14927.78
2025	-16283.67
2026	-17545.91

Fuente: Elaboración propia

Si se elige procesar diariamente 20 toneladas de llantas inservibles, se tendría disponibilidad de materia prima sólo durante 5 meses. Por lo que esta propuesta no es viable debido a que la cantidad de llantas inservibles recolectadas y las que se tienen de stock inicial no son suficientes para abastecer el sistema de manera estable.

5.5 Flujos de caja para cada propuesta:

Después de haber descartado dos de las propuestas debido a la falta de materia prima, se hallarán los flujos de caja de las dos primeras propuestas. Para ello, se tuvo en cuenta los ingresos totales del SEGAT por concepto de recaudación de tributos de años anteriores proporcionados por el gerente general, y para los cuales se estimó un valor futuro (**ver anexo H**). El resultado fue:

Tabla 46: Proyección de Ingresos por recaudación

AÑO	Proyección de Ingreso (S/.)
2016	20,256,004.00
2017	20,292,576.00
2018	20,329,148.00
2019	20,365,720.00
2020	20,402,292.00
2021	20,438,864.00
2022	20,475,436.00
2023	20,512,008.00
2024	20,548,580.00
2025	20,585,152.00
2026	20,621,724.00

Fuente: Elaboración propia

Los costos también fueron proporcionados directamente por el SEGAT y se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 47: Gastos y costos del SEGAT

PROMEDIO GASTOS ANUALES	
Gasto en Servicios Básicos	
Agua =	2,523,118.12
Energía eléctrica =	30,276.46
Telefonía móvil =	41,523.14
Telefonía fija =	44,251.92
TOTAL =	2,639,169.64
Pago a personal	
Modal =	8,430,290.38
CAS =	1,384,426.36
Locación de servicios =	162,168.00
TOTAL =	9,976,884.74
Adquisición Activos No Financieros =	224,500.00
Otros Gastos Presupuestados =	4,361,200.00

Fuente: SEGAT

Para los cálculos de flujo de caja no se tuvo en consideración las ventas de los productos como el carbón y el alambre de acero pues, por ser el SEGAT un organismo público, las ventas se realizan a modo de subasta. Al ser de naturaleza pública, el SEGAT se encuentra exonerado del impuesto a la renta, por lo que no se consideran impuestos para el cálculo de los flujos de caja.

Para el cálculo de los indicadores económicos se consideró un Tasa de 20%.

Tabla 48: Flujo de Caja P1

PERIODO (AÑOS)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSION INICIAL	S/. -1,000,077										
INGRESOS		S/. 20,292,576	S/. 20,329,148	S/. 20,365,720	S/. 20,402,292	S/. 20,438,864	S/. 20,475,436	S/. 20,512,008	S/. 20,548,580	S/. 20,585,152	S/. 20,621,724
COSTOS DEL BOTADERO		S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800
COSTOS OPERATIVOS (SISTEMA LI)		S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408	S/. 112,408
COSTOS DE SERVICIOS BÁSICOS		S/. 2,639,170	S/. 2,647,087	S/. 2,655,028	S/. 2,662,993	S/. 2,670,982	S/. 2,678,995	S/. 2,687,032	S/. 2,695,094	S/. 2,703,179	S/. 2,711,288
GASTO COMBUSTIBLE		S/. 1,716,415	S/. 1,721,565	S/. 1,726,729	S/. 1,731,910	S/. 1,737,105	S/. 1,742,317	S/. 1,747,544	S/. 1,752,786	S/. 1,758,045	S/. 1,763,319
SUELDOS Y REMUNERACIONES		S/. 10,051,285	S/. 10,081,439	S/. 10,111,683	S/. 10,142,018	S/. 10,172,444	S/. 10,202,961	S/. 10,233,570	S/. 10,264,271	S/. 10,295,064	S/. 10,325,949
OTROS GASTOS PRESUPUESTADOS		S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200
ADQUISICIÓN ACTIVOS NO FINANCIEROS		S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA		S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165
UTILIDAD		S/. 510,634	S/. 503,985	S/. 497,207	S/. 490,298	S/. 483,260	S/. 476,090	S/. 468,789	S/. 461,357	S/. 453,792	S/. 446,095
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA		S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165	S/. 72,165
FLUJO DE CAJA	S/. -1,000,077	S/. 582,798	S/. 576,150	S/. 569,371	S/. 562,463	S/. 555,424	S/. 548,255	S/. 540,954	S/. 533,521	S/. 525,957	S/. 518,260
VAN =		S/. 1,128,288.72									
TIR =		56%									
TRI =		21 meses									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Flujo de caja P2

PERIODO (AÑOS)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSION INICIAL	S/. -1,500,364										
INGRESOS		S/. 20,292,576	S/. 20,329,148	S/. 20,365,720	S/. 20,402,292	S/. 20,438,864	S/. 20,475,436	S/. 20,512,008	S/. 20,548,580	S/. 20,585,152	S/. 20,621,724
COSTOS DEL BOTADERO		S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800	S/. 604,800
COSTOS OPERATIVOS (SISTEMA LI)		S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377	S/. 162,377
COSTOS DE SERVICIOS BÁSICOS		S/. 2,639,170	S/. 2,647,087	S/. 2,655,028	S/. 2,662,993	S/. 2,670,982	S/. 2,678,995	S/. 2,687,032	S/. 2,695,094	S/. 2,703,179	S/. 2,711,288
GASTO COMBUSTIBLE		S/. 1,174,342	S/. 1,177,865	S/. 1,181,399	S/. 1,184,943	S/. 1,188,498	S/. 1,192,064	S/. 1,195,640	S/. 1,199,227	S/. 1,202,824	S/. 1,206,433
SUELDOS Y REMUNERACIONES		S/. 10,051,285	S/. 10,081,439	S/. 10,111,683	S/. 10,142,018	S/. 10,172,444	S/. 10,202,961	S/. 10,233,570	S/. 10,264,271	S/. 10,295,064	S/. 10,325,949
OTROS GASTOS PRESUPUESTADOS		S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200	S/. 4,361,200
ADQUISICIÓN ACTIVOS NO FINANCIEROS		S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500	S/. 224,500
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA		S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927
UTILIDAD		S/. 977,975	S/. 972,953	S/. 967,806	S/. 962,534	S/. 957,136	S/. 951,612	S/. 945,962	S/. 940,185	S/. 934,281	S/. 928,250
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA		S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927	S/. 96,927
FLUJO DE CAJA	S/. -1,500,364	S/. 1,074,902	S/. 1,069,880	S/. 1,064,733	S/. 1,059,460	S/. 1,054,062	S/. 1,048,539	S/. 1,042,888	S/. 1,037,112	S/. 1,031,208	S/. 1,025,177
VAN =		S/ 2,448,238.89									
TIR =		71%									
TRI =		17 meses									

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación ha sido necesario realizar proyecciones de materia prima, estimar y calcular gastos actuales así como el impacto ambiental de la situación problemática y el análisis económico de las propuestas de solución a fin de observar la rentabilidad y su sostenibilidad en un futuro.

Los cálculos respectivos se obtuvieron de la siguiente manera:

6.1 Identificación de causas raíces:

Después de analizar la situación problemática y la situación actual del SEGAT identificaron dos causas raíces las cuales son:

- Causa Raíz 1: Consumo de combustible; y,
- Causa Raíz 2: Tratamiento inadecuado de neumáticos en el botadero.

6.2 Área del botadero “El Milagro”:

El área total del botadero “El Milagro” es de 50.27 ha, del cual sólo son utilizados actualmente el 30% del espacio, quedando disponibilidad de un área aproximada de 332,700.00 m², espacio que puede ser destinado para la construcción de la planta de pirolisis.

6.3 Proyección de llantas inservibles:

Se estima que el crecimiento del parque automotriz va de la mano con el aumento de fabricación y descarte de neumáticos. Según datos del INEI y de estudios previos, sólo en el 2016 se generaron 438,705.36 unidades de llantas fuera de uso en la región La Libertad, lo equivalente a 12,879.02 toneladas.

Sin embargo, el SEGAT no cuenta con un mecanismo específico de recolección de llantas inservibles por lo que lo recaudado en el 2016 es alrededor de 854.67 toneladas en el año.

6.4 Cálculo de la cantidad de trabajadores para la nueva planta:

Se elaboró un diagrama Hombre – Máquina para poder establecer el tiempo total de funcionamiento de cada propuesta y siguiendo las especificaciones dadas por la empresa proveedora calcular la mano de obra necesaria:

Tabla 50: Mano de obra requerida por cada propuesta

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Operarios necesarios por turno	2	2	3	6
Supervisores necesarios por turno:	1	1	1	1
Turnos necesarios:	2	2	3	3
Mano de obra requerida:	6	6	12	21

Fuente: Elaboración propia

6.5 Impacto Ambiental:

Realizando el análisis de ecoindicadores para la situación actual de no tener un tratamiento final adecuado para las llantas que existen en el botadero, se obtuvo un puntaje negativo de – 342. Con la propuesta de pirolisis de llantas, este resultado se reduce a – 83.

6.6 Altos gastos de combustible:

Según información brindada por el SEGAT, se cuentan con 90 maquinarias y vehículos propios, los cuales tiene un consumo anual de 213,368.86 galones al año; además de ello en el botadero “El Milagro” se compra combustible para la maquinaria alquilada, lo cual representa el segundo valor más importante de operatividad de este lugar. Con la implementación de cualquiera de las propuestas (procesar 2.5, 5, 10 o 20 toneladas al día) se puede eliminar el gasto por compras de combustible en el botadero y además abastecer en parte o en su totalidad el consumo de combustible de los vehículos propios del SEGAT (24%, 48%, 96% y 192% del total respectivamente).

6.7 Análisis ABC de los vehículos propios del SEGAT

Mediante el análisis ABC se agruparon los vehículos por categoría y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 51: Resultado Análisis ABC

Clasificación	Cantidad de vehículos	Consumo (gal/año)	%
A	24	161,552	75.71%
B	43	50,950	23.88%
C	23	867	0.41%

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la clasificación del método ABC se consideró tres aspectos: La periodicidad de utilización, la cantidad consumida de combustible y su finalidad de uso. De esta manera se asoció los resultados como muestra la tabla 51.

Tabla 52: Cálculo Análisis ABC

Combinaciones Posibles	Clasificación Final
3A	A
2A+B	A
2A+C	B
3B	B
2B+A	B
2B+C	B
3C	C
2C+A	C
2C+B	C
A+B+C	B

Fuente: Elaboración propia

Mediante este método se estableció una prioridad en el abastecimiento de combustible generado por el sistema de pirolisis para las unidades que pertenecen a la clasificación A en caso que el combustible generado exceda lo necesario para abastecer el tractor oruga ubicado en el botadero “El Milagro”.

6.8 Cálculo de la cantidad de combustible destilado por cada propuesta:

Para el cálculo de conversión del óleo pirolítico de toneladas a galones estadounidenses, se utiliza la densidad hallada por Scatolim (2008) de 931.30 kg.m⁻³. Según la capacidad diaria de la planta, la cantidad de combustible generado disponible para uso es:

Tabla 53: Cantidad de combustible producido

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
	2.5 ton/día	5 ton/día	10 ton/día	20 ton/día
COMBUSTIBLE DESTILADO (gal/día):	173.74	347.48	694.97	1,389.93

Fuente: Elaboración propia

6.9 Ahorro de las propuestas:

Se llegaron a los siguientes resultados respecto al ahorro:

Tabla 54: Ahorro de cada propuesta

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Ahorro Bruto:	S/.560,793.12	S/.1,102,866.23	S/.2,187,012.46	S/. 2,277,208.60
Ahorro neto:	S/. 373,985.16	S/. 866,089.05	S/. 1,784,872.22	S/.1,583,342.24

Fuente: Elaboración propia

Se considera como ahorro bruto el ahorro solamente en combustible y como ahorro neto, el ahorro menos los costos operativos.

6.10 Inversión para cada propuesta:

Teniendo en cuenta la inversión en maquinaria e importación de la misma, cálculo de construcción e inversión en los viáticos para el capacitador, los resultados fueron:

Tabla 55: Inversión por propuesta

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
INVERSIÓN TOTAL (S/.):	1,000,077.39	1,500,363.95	2,173,142.84	3,523,434.29

Fuente: Elaboración propia

6.11 Tiempo de abastecimiento:

Siguiendo el programa actual de recolección, el tiempo de abastecimiento resultó ser una restricción para continuar con dos de las propuestas como se ve a continuación:

Tabla 56: Capacidad de Stock de Materia Prima

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Tiempo de Abastecimiento de Materia Prima:	Permanente	Permanente	Limitado Más de un año y menos de dos	Limitado Menos de un año

Fuente: Elaboración propia

6.12 Indicadores económicos de la propuesta 1 y 2:

Debido a que el tiempo de abastecimiento para las propuestas 3 y 4 es corto, estas fueron excluidas del cálculo de flujo de caja. En el caso de las propuestas 1 y 2 sus resultados financieros son:

Tabla 57: Resultados Análisis Económico P1 y P2

	Propuesta 1	Propuesta 2
VAN =	S/. 1,128,288	S/. 2,448,238
TIR =	56%	71%
TRI (meses) =	21	17

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- a. El impacto ambiental de haber, año tras año, almacenado o descartado indebidamente las llantas inservibles en el medio ambiente ocasionando daños a la salud y el medio ambiente ha sido medido dando como resultado una calificación de -342
- b. Con la aplicación de ese sistema se podrá ahorrar S/. 1'102,866.23 (48% de ahorro) anuales en gasto de combustible del SEGAT.
- c. La comparación del impacto ambiental con la situación actual presentó una reducción del 78%. Con ello podemos concluir que el sistema es ambientalmente viable.
- d. Se demostró, mediante proyecciones estadísticas, que existe disponibilidad de llantas inservibles para abastecer potencialmente cualquiera de las propuestas, sin embargo, actualmente solo llega al botadero el 13% de las llantas inservibles generadas en la localidad.
- e. El sistema de logística inversa propuesto es un sistema de pirolisis de neumáticos con capacidad de procesamiento de 5 toneladas diarias debido a la capacidad limitada de llantas recolectadas.
- f. Se realizó el análisis del impacto ambiental al sistema de pirolisis de neumáticos, el cual arrojó una calificación de -83. Representa aún un impacto negativo porque al ser un sistema de incineración siempre se eliminarán gases al ambiente, sin embargo la emisión de los mismos cumplen con normativas medio ambientales internacionales.
- g. Los indicadores financieros arrojados por la propuesta n° 02 (5 ton/día) son: VNA de S/. S/. 2'448,238.89, TIR igual a 71% y Tiempo de Retorno de Inversión de 17 meses; por lo que la propuesta es viable económicamente.

7.2 Recomendaciones

- Las proyecciones de importación y producción de automóviles en el Perú mantiene una tendencia creciente, lo que traerá como consecuencia mayor desperdicio de llantas y consumo de combustible. Se recomienda establecer un programa de recolección de las llantas fuera de uso que vaya de la mano con las instituciones públicas competentes y con las empresas fabricantes y distribuidoras de neumáticos con el objetivo de optimizar la recolección, reduciendo la cantidad de llantas descartadas y aprovecharlos energéticamente para la obtención de combustible alternativo.
- De aumentarse los resultados en la recolección de las llantas inservibles, es recomendable incrementar también la capacidad de producción de la planta de pirolisis para atender la oferta de materia prima para el sistema y atender la demanda total de combustible por parte del SEGAT, e incluso generar excedentes para ventas.
- Así mismo, se sugiere enfatizar en las normativas gubernamentales relacionadas al reciclaje, reutilización de residuos sólidos y generación de energía renovables a fin de profundizar posteriores investigaciones y concretizar proyectos afines a estos temas.

Bibliografía

- Acosta García, G. (11 de febrero de 2013). *Cadena de Suministros*. Recuperado el 6 de setiembre de 2016, de SlideShare: http://es.slideshare.net/GennAcosta/cadena-de-suministros-unidad-1-introduccion-a-la-logistica-y-cadenas-de-suministros?next_slideshow=1

- Alemán Lupu, K. M. (2014). *Propuesta de un Plan de Mejora para la Gestión Logística en la Empresa Constructora Jordan S.R.L. de la ciudad de Tumbes*. Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Trujillo.

- Andrietta, A. (2002). *Pneus e Meio Ambiente: Um grande problema requer uma grande solucao*. Recuperado el 30 de julio de 2016, de Scielo: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000120&pid=S0104-1428200900040000900008&lng=pt

- Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. (2010). *La Creciente Demanda Mundial de Energía frente a los Riesgos Ambientales*. (D. Pasquevich, Ed.) Recuperado el 15 de agosto de 2016, de <http://aargentinapciencias.org/2/index.php/grandes-temas-ambientales/energia-y-ambiente/161-la-creciente-demanda-mundial-de-energia-frente-a-los-riesgos-ambientales>

- Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. (s.f.). *ANIP em Números*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de ANIP: <http://www.anip.com.br/index.php?cont=conteudo>

- Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. (2005). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos*. En J. Martínez (Ed.), (pág. 163). Montevideo.

- Centro de Recursos Ambientales de Navarra. (2014). *Las causas*. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de CRANA: http://www.crana.org/es/residuos/mas-informacion_6/las-causas

- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2015). *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de CETESB: <https://portalambiental.cetesb.sp.gov.br/pla/welcome.do?occurredException=null&timeException=null%3E.%20Acesso%20em:%202008%20abr.%202015>.
- Conferencia Mundial de Caucho. (2013). Conferencia Mundial de Caucho., (pág. 30). Budapest.
- De la Garza Mora, R. (2014). *La importancia de la cadena de suministro y su administración*. Ensayo, Universidad Regiomontana, Monterrey.
- De Souza, R. T. (2009). *Análise da Logística Reversa de Pneus Usados e Inservíveis e seus Impactos Ambientais quando Descartados Inadequadamente*. Tesis licenciatura, Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, Departamento de Ingeniería Civil, Sao Paulo.
- Diario El Comercio. (18 de setiembre de 2014). *Perú ratificó la enmienda al Protocolo de Kioto*. Recuperado el 27 de setiembre de 2016, de ElComercio.pe: <http://elcomercio.pe/sociedad/lima/peru-ratifico-enmienda-al-protocolo-kioto-noticia-1758048>
- Diario Gestión. (s.f.). *Neumáticos*. Recuperado el 5 de agosto de 2016, de Gestión.pe: <http://gestion.buscamas.pe/neum%C3%A1ticos>
- Diario La República. (14 de setiembre de 2001). *Por razones de seguridad, sanitarias y de medio ambiente prohíben importación de llantas usadas*. Recuperado el 15 de setiembre de 2016, de LaRepública.pe: <http://larepublica.pe/14-09-2001/por-razones-de-seguridad-sanitarias-y-de-medio-ambiente-prohiben-importacion-de-llantas-u>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2006). *Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú*. Recuperado el 5 de setiembre de 2016, de DIGESA: <http://www.digesa.sld.pe/publicaciones/descargas/MANUAL%20TECNICO%20RESIDUOS.pdf>

- Ecología Verde. (8 de julio de 2015). *¿En qué consiste el Protocolo de Kioto?* (I. Matamoros, Editor) Recuperado el 27 de agosto de 2016, de Ecologíaverde: <http://www.ecologiaverde.com/consiste-protocolo-kioto/>

- Ecología Verde. (22 de julio de 2015). *Los neumáticos, grandes contaminantes.* (A. Isan, Editor) Recuperado el 27 de agosto de 2016, de Ecologíaverde: <http://www.ecologiaverde.com/neumaticos-grandes-contaminantes/>

- Economía Andaluza. (s.f.). *El Transporte: Importancia Económica y Social.* Recuperado el 15 de agosto de 2016, de Economía Andaluza: <http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/2%20Cap%C3%ADtulo%202.%20El%20transporte,%20importancia%20econ%C3%B3mica%20y%20social.pdf>

- Ecoportal. (2013). *El problema del Reciclaje en América Latina.* Recuperado el 13 de agosto de 2016, de Ecoportal: http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Basura-Residuos/El_problema_del_Reciclaje_en_America_Latina

- El Economista. (2013). *Invierten \$8.4 millones en programas de reciclaje inclusivo en América Latina.* Recuperado el 13 de agosto de 2016, de El Economista: <http://www.eleconomista.net/2013/10/25/macro/148679-invierten-84-millones-en-programa-de-reciclaje-inclusivo-en-america-latina--html>

- Eurostat. (2015). *Estadísticas sobre residuos.* Recuperado el 15 de agosto de 2016, de Eurostat: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/es#Fuente_de_los_datos_de_las_tablas_y_los_gr.C3.A1ficos_.28MS_Excel.29

- Expoknews. (25 de setiembre de 2012). *Los 10 problemas ambientales más apremiantes.* Recuperado el 13 de agosto de 2016, de Expoknews: <http://www.expoknews.com/los-10-problemas-ambientales-mas-apremiantes/>

- Fajardo Cachay, L. E., &Vergaray Huamán, D. A. (2014). *Efecto de la Incorporación por Vía seca, del Polvo de Neumático Reciclado, como Agregado Fino en Mezclas Asfálticas*. Tesis de licenciatura, Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería, Lima.

- Ferreira Lagarinhos, C. A. (2011). *Reciclagem de pneus: Análise do Impacto da Legislação Ambiental através da Logística Reversa*. Tesis Doctoral, Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, Sao Paulo.

- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. (2003). *Reciclagem de pneus*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de FAPEMIG: <http://revista.fapemig.br/materia.php>

- García Quiroz, J. R., & Reyes Luna Victoria, A. M. (2015). *Análise da Viabilidade da Valorização Energética de Pneus Inservíveis mediante Processo de Pirólise*. Tesis de licenciatura, Universidad Anhembí Morumbi, Departamento de Ingeniería de Producción, Sao Paulo.

- Goedkoop, Mark, Suzanne Effting, y Marcel Collignon. «Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida.» *Proyectar y Producir*. 5 de noviembre de 2009.
http://www.proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf (último acceso: 12 de diciembre de 2016).

- Goodyear. (2009). *As Origens da Goodyear*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de Goodyear: <http://www.goodyear.com.br/institucional/goodyear-mundo/>

- Gutierrez Motta, F. (2008). A cadeia de destinação dos pneus inservíveis - o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. *Ambiente & Sociedade*, 167-217.

- Hinrichs, R., & Kleinbach, M. (2011). *Energía e Meio Ambiente*. Estados Unidos: Cengage Learning.

- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. (2012). *Relatório de Pneumáticos: ResolucaoConama n° 416/2009*. Informe, IBAMA.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Estadísticas*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de INEI.gob.pe: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/transport-and-communications/>
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (2010). *Ciclo de Vida Pneus*. (Z. M. FariaVeloso, Ed.) Recuperado el 15 de agosto de 2016, de INMETRO: <http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/Zilda-Maria-Faria-Veloso-Ciclo-Vida-Pneus.pdf>
- Kamimura, E. (2002). *Potencial de Utilização dos Resíduos de Borracha de Pneus pela Indústria da Construção Civil*. Tesis de maestría, Universidad Federal de Santa Catarina, Departamento de Ingeniería Civil, Florianópolis.
- Kienyke. (27 de diciembre de 2012). *Suiza, la nación que más recicla en el mundo*. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de Kienyke: <http://www.kienyke.com/historias/suiza-la-nacion-que-mas-recicla-en-el-mundo/>
- Lagarinhos, C. A., & Tenório, J. A. (2008). Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Polímeros. Ciência e Tecnologia*, 106-118.
- Lopes, G., Kyrisoglou, H., Gottschalk, R., & Veiga, S. (diciembre de 2010). Estudo da Viabilidade de Reciclagem de Pneus e seu Uso. *Revista Ciências do Ambiente*, 6(3), 32-36.
- López Parada, J. (2009). *Incorporación de la Logística Inversa en la Cadena de Suministros y su Influencia en la Estructura Organizativa de las Empresas*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Marchiori, H. (2008). *Estudo da Viabilidade da Aplicação de Pneus como Combustível na Geracao de Energía Eléctrica*. Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, Departamento de Ingeniería Mecánica.

- McGraw-Hill. (2003). *Dictionary of Chemistry* (Segunda ed.). (M. Licker, Ed.) McGraw Hill.

- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2015). *Evolución de las Importaciones*. Recuperado el 5 de setiembre de 2016, de MINCETUR: http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/documentos/comercio/RM_Impo_Mayo_2015.pdf

- Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Plan Energético Nacional*. Obtenido de MINEM: http://www.minem.gob.pe/_publicaSector.php?idSector=12

- Ministerio del Ambiente. (2010). *Política Nacional del Ambiente*. Recuperado el 5 de setiembre de 2016, de MINAM: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Pol%C3%ADtica-Nacional-del-Ambiente.pdf>

- Olvera de Miguel, A., & Méndez Palacios, J. (2010). La Gestión de Productos Fuera de Uso. *Conciencia Tecnológica*, 46-48.

- Organización Panamericana de la Salud. (diciembre de 2002). *Estado del Arte del Manejo de Llantas Usadas en las Américas*. (A. Cantanhede, & G. Monge, Edits.) Recuperado el 29 de agosto de 2016, de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd24/manejo.pdf>

- Resende Lima, E. (2004). *Canal de Distribucao Reverso naReciclagem de Pneus: Estudo de Caso*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro, Departamento de Ingeniería Industrial, Rio de Janeiro.

- Revista Brasileira do Aço. (2009). *O aço dos pneus*. (R. Ricchini, Editor) Recuperado el 17 de agosto de 2016, de SetorReciclagem: http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-metal/o-giro-do-aco/#.VHaxAjGG_8k

- Reyes Díaz, E. (2002). *Introducción a la Logística Internacional*. Recuperado el 17 de setiembre de 2016, de Comercio Internacional: <http://comerciointernacional.com.mx/includes/comercio/240/Logistica%20internacional%20102002.pdf>

- Rouse, M. (julio de 2010). *Gestión de la cadena de suministro (SCM)*. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de TechTarget: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Gestion-de-la-cadena-de-suministro-SCM>

- RPP Noticias. (16 de mayo de 2012). *Éxito del reciclaje en el Perú está en manos de los gobiernos locales*. Recuperado el 13 de agosto de 2016, de RPP Noticias: <http://rpp.pe/economia/negocios/exito-del-reciclaje-en-el-peru-esta-en-manos-de-los-gobiernos-locales-noticia-482721>

- Rubio Lacoba, S. (2003). *El Sistema de Logística Inversa en la Empresa: Análisis y Aplicaciones*. Tesis doctoral, Universidad de Extremadura, Departamento de Economía Aplicada y Organización de Empresas, Badajoz.

- Scagliusi, S. (2010). Reciclagem de Pneus Inservíveis. Alternativa Sustentável à Preservação do Meio Ambiente. *Gestão Tecnológica e Social*, 1-18.

- Scatolim Rombaldo, C. (2008). *Síntese de Carvão Ativado e Óleo Combustível a Partir da Borracha de Pneu Usado*. Tesis de maestría, Universidad Estatal de Campinas, Facultad de Ingeniería Química, Campinas.

- Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo. (2016). Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de SEGAT.gob.pe: <http://www.segat.gob.pe/>

- Siliceo Bernardi, L. (2004). *Propuesta de Empresa de Reciclaje de Plástico en el Sector de Envase y Embalaje en Puebla*. Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas, Departamento de Ingeniería Mecánica, Puebla.

- SouthernCopper. «Identificación y Evaluación de Impactos.» *Dirección Regional de Energía y Minas - Moquegua*. 2015. http://www.diremmoq.gob.pe/web13/files/ambiental/EIA_Ampliacion_Concentradora_Toquepala/6_%20Impactos_Ambientales.pdf (último acceso: 9 de diciembre de 2016)

- Suárez, B. (8 de mayo de 2015). *Estructura del Sistema Logístico en la Empresa*. Recuperado el 17 de setiembre de 2016, de SlidesShare: <http://es.slideshare.net/BetzaSuarez1/estructura-del-sistema-logstico-en-la-empresa>

- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria. (2016). Recuperado el 28 de noviembre de 2016, de SUNAT.gob.pe: <http://www.sunat.gob.pe/>

- Technokomplex. (s.f.). *Planta Cerrada destinada a Pirólisis "Pirotex"*. Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de Technokomplex: <http://www.tkomplex.ru/es/products/pirotex>

- Tecnología Minera. (22 de setiembre de 2016). *Mercado de neumáticos en el sector minero*. Recuperado el 25 de setiembre de 2016, de Tecnología Minera: <http://www.tecnologiaminera.com/tm/d/novedad.php?id=229>

- Universidad de Antioquía. (2003). *Logística*. Recuperado el 17 de setiembre de 2016, de Portal UDEA: <http://jaibana.udea.edu.co/grupos/logistica/Modelo%20de%20Referencia.htm>

- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2007). *Definición de Logpística*. Recuperado el 17 de setiembre de 2016, de UNAD: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/11definicin_de_logstica.html

- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). *Logística*. Recuperado el 22 de agosto de 2016, de Facultad de Ingeniería: <http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/descargas/documentos/catedra/loginver.pdf>

- Universidade de Ribeirão Preto. (2010). A influência do pneu no meio ambiente. *Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP*, (pág. 12). Guarujá.
- Vásquez Chigne, L. C., & Zúñiga Anticona, B. (2015). *Proyecto de Prefactibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa*. Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Vias Seguras. (15 de julio de 2003). *O pneu, composição e estrutura*. Recuperado el 17 de agosto de 2016, de Vias-seguras: http://www.vias-seguras.com/layout/set/print/veiculos/pneumaticos/manual_twi_informacoes_tecnicas_sobre_pneus/o_pneu_composicao_e_estrutura
- WorldFreightRates. (2016). *Calculadora de Flete*. Recuperado el 8 de diciembre de 2016, de WorldFreightRates: <http://worldfreightrates.com/es/freight>

ANEXOS

ANEXO A: Cálculo de cantidad de vehículos, neumáticos inservibles y cantidad en peso de los neumáticos

Según datos históricos del INEI y tomando como referencia los datos de cantidad, peso y recambio anual promedio de Fajardo y Vergaray (2014)

				2008			2009					
	Peso del Neumático Inservible (kg)	Neumático por Vehículo	Recambio anual medio (und)	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año			
Pasajeros (<i>camioneta rural y panel, ómnibus</i>)	10	4	1.33	314,440.00	418,205.20	4,182.05	347,280.00	461,882.40	4,618.82			
Particulares (<i>autos, stationwagon, pick up</i>)	7	4	0.8	1,363,259.00	1,090,607.20	7,634.25	1,439,043.00	1,151,234.40	8,058.64			
Camiones (<i>camión, remolcador, remolque y semiremolque</i>)	55	10	4	227,020.00	908,080.00	49,944.40	243,997.00	975,988.00	53,679.34			
NIVEL NACIONAL			TOTAL	1,904,719.00	2,416,892.40	61,760.70	2,030,320.00	2,589,104.80	66,356.80			
				9.47%			9.04%					
REGIÓN LA LIBERTAD				180,389.82	228,896.12	5,849.16	183,538.41	234,051.86	5,998.57			
				2010			2011			2012		
				Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año
				388,459.00	516,650.47	5,166.50	489,351.00	650,836.83	6,508.37	584,444.00	777,310.52	7,773.11
				1,530,744.00	1,224,595.20	8,572.17	1,802,713.00	1,442,170.40	10,095.19	2,041,011.00	1,632,808.80	11,429.66
				264,075.00	1,056,300.00	58,096.50	324,573.00	1,298,292.00	71,406.06	373,768.00	1,495,072.00	82,228.96
				2,183,278.00	2,797,545.67	71,835.17	2,616,637.00	3,391,299.23	88,009.62	2,999,223.00	3,905,191.32	101,431.73
				8.58%			8.18%			7.83%		
				187,288.19	239,981.92	6,162.24	214,137.47	277,533.42	7,202.43	234,744.27	305,652.93	7,938.90

ANEXO B: Elección del tipo de proyección a ser utilizada

PROYECCIÓN LINEAL		Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus) y = 68208x + 220171				Particulares (autos, station wagon, pick up) y = 171917x + 1E+06				Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque) y = 37407x + 174465			
		Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %
2008	1	314,440.00	288,379.00	26,061.00	8.29%	1,363,259.00	1,171,917.00	191,342.00	14.04%	227,020.00	211,872.00	15,148.00	6.67%
2009	2	347,280.00	356,587.00	9,307.00	2.68%	1,439,043.00	1,343,834.00	95,209.00	6.62%	243,997.00	249,279.00	5,282.00	2.16%
2010	3	388,459.00	424,795.00	36,336.00	9.35%	1,530,744.00	1,515,751.00	14,993.00	0.98%	264,075.00	286,686.00	22,611.00	8.56%
2011	4	489,351.00	493,003.00	3,652.00	0.75%	1,802,713.00	1,687,668.00	115,045.00	6.38%	324,573.00	324,093.00	480.00	0.15%
2012	5	584,444.00	561,211.00	23,233.00	3.98%	2,041,011.00	1,859,585.00	181,426.00	8.89%	373,768.00	361,500.00	12,268.00	3.28%
Promedio Error %	5.52%				5.01%				7.38%				4.17%
PROYECCIÓN POLINÓMICA		Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus) y = 13158x ² - 10743x + 312281				Particulares (autos, station wagon, pick up) y = 36093x ² - 44638x + 1E+06				Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque) y = 7489.7x ² - 7531.1x + 226893			
		Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %
2008	1	314,440.00	314,696.00	256.00	0.08%	1,363,259.00	991,455.00	371,804.00	27.27%	227,020.00	226,851.60	168.40	0.07%
2009	2	347,280.00	343,427.00	3,853.00	1.11%	1,439,043.00	1,055,096.00	383,947.00	26.68%	243,997.00	241,789.60	2,207.40	0.90%
2010	3	388,459.00	398,474.00	10,015.00	2.58%	1,530,744.00	1,190,923.00	339,821.00	22.20%	264,075.00	271,707.00	7,632.00	2.89%
2011	4	489,351.00	479,837.00	9,514.00	1.94%	1,802,713.00	1,398,936.00	403,777.00	22.40%	324,573.00	316,603.80	7,969.20	2.46%
2012	5	584,444.00	587,516.00	3,072.00	0.53%	2,041,011.00	1,679,135.00	361,876.00	17.73%	373,768.00	376,480.00	2,712.00	0.73%
Promedio Error %	8.64%				1.25%				23.26%				1.41%
PROYECCIÓN EXPONENCIAL		Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus) y = 257383e ^{0.1583x}				Particulares (autos, station wagon, pick up) y = 1E+06e ^{0.1032x}				Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque) y = 191742e ^{0.1283x}			
		Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %
2008	1	314,440.00	301,528.71	12,911.29	4.11%	1,363,259.00	1,108,713.13	254,545.87	18.67%	227,020.00	217,990.33	9,029.67	3.98%
2009	2	347,280.00	353,246.19	5,966.19	1.72%	1,439,043.00	1,229,244.80	209,798.20	14.58%	243,997.00	247,831.91	3,834.91	1.57%
2010	3	388,459.00	413,834.13	25,375.13	6.53%	1,530,744.00	1,362,879.85	167,864.15	10.97%	264,075.00	281,758.61	17,683.61	6.70%
2011	4	489,351.00	484,813.97	4,537.03	0.93%	1,802,713.00	1,511,042.79	291,670.21	16.18%	324,573.00	320,329.68	4,243.32	1.31%
2012	5	584,444.00	567,968.10	16,475.90	2.82%	2,041,011.00	1,675,312.98	365,698.02	17.92%	373,768.00	364,180.90	9,587.10	2.56%
Promedio Error %	7.37%				3.22%				15.66%				3.22%
PROYECCIÓN LOGARÍTMICA		Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus) y = 156480ln(x) + 274966				Particulares (autos, station wagon, pick up) y = 392383ln(x) + 1E+06				Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque) y = 85573ln(x) + 204751			
		Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %
2008	1	314,440.00	274,966.00	39,474.00	12.55%	1,363,259.00	1,000,000.00	363,259.00	26.65%	227,020.00	204,751.00	22,269.00	9.81%
2009	2	347,280.00	383,429.67	36,149.67	10.41%	1,439,043.00	1,271,979.17	167,063.83	11.61%	243,997.00	264,065.68	20,068.68	8.22%
2010	3	388,459.00	446,876.85	58,417.85	15.04%	1,530,744.00	1,431,076.79	99,667.21	6.51%	264,075.00	298,762.55	34,687.55	13.14%
2011	4	489,351.00	491,893.34	2,542.34	0.52%	1,802,713.00	1,543,958.34	258,754.66	14.35%	324,573.00	323,380.37	1,192.63	0.37%
2012	5	584,444.00	526,810.84	57,633.16	9.86%	2,041,011.00	1,631,516.08	409,494.92	20.06%	373,768.00	342,475.43	31,292.57	8.37%
Promedio Error %	11.17%				9.68%				15.84%				7.98%
PROYECCIÓN POTENCIAL		Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus) y = 290420x ^{0.3698}				Particulares (autos, station wagon, pick up) y = 1E+06x ^{0.2383}				Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque) y = 211888x ^{0.2975}			
		Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %	Real	Proyectado	Error Absoluto	Error %
2008	1	314,440.00	290,420.00	24,020.00	7.64%	1,363,259.00	1,000,000.00	363,259.00	26.65%	227,020.00	211,888.00	15,132.00	6.67%
2009	2	347,280.00	375,273.08	27,993.08	8.06%	1,439,043.00	1,179,601.86	259,441.14	18.03%	243,997.00	260,413.07	16,416.07	6.73%
2010	3	388,459.00	435,979.39	47,520.39	12.23%	1,530,744.00	1,299,265.76	231,478.24	15.12%	264,075.00	293,798.74	29,723.74	11.26%
2011	4	489,351.00	484,918.00	4,433.00	0.91%	1,802,713.00	1,391,460.54	411,252.46	22.81%	324,573.00	320,051.02	4,521.98	1.39%
2012	5	584,444.00	526,630.04	57,813.96	9.89%	2,041,011.00	1,467,454.19	573,556.81	28.10%	373,768.00	342,018.77	31,749.23	8.49%
Promedio Error %	12.27%				7.75%				22.14%				6.91%

ANEXO C: Proyección de llantas inservibles por año

				2013			2014					
	Peso del Neumático Inservible (kg)	Neumático por Vehículo	Recambio anual medio (und)	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año			
Pasajeros (<i>camioneta rural y panel, ómnibus</i>)	10	4	1.33	721,511.00	959,609.63	9,596.10	881,822.00	1,172,823.26	11,728.23			
Particulares (<i>autos, stationwagon, pick up</i>)	7	4	0.8	2,031,502.00	1,625,201.60	11,376.41	2,203,419.00	1,762,735.20	12,339.15			
Camiones (<i>camión, remolcador, remolque y semiremolque</i>)	55	10	4	451,335.60	1,805,342.40	99,293.83	541,170.60	2,164,682.40	119,057.53			
NIVEL NACIONAL			TOTAL	3,204,348.60	4,390,153.63	120,266.34	3,626,411.60	5,100,240.86	143,124.91			
				7.45%			7.10%					
REGIÓN LA LIBERTAD				238,568.00	326,852.76	8,953.99	257,337.69	361,923.67	10,156.44			
				2015			2016			2017		
	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año			
Pasajeros (<i>camioneta rural y panel, ómnibus</i>)	1,068,449.00	1,421,037.17	14,210.37	1,281,392.00	1,704,251.36	17,042.51	1,520,651.00	2,022,465.83	20,224.66			
Particulares (<i>autos, stationwagon, pick up</i>)	2,375,336.00	1,900,268.80	13,301.88	2,547,253.00	2,037,802.40	14,264.62	2,719,170.00	2,175,336.00	15,227.35			
Camiones (<i>camión, remolcador, remolque y semiremolque</i>)	645,985.00	2,583,940.00	142,116.70	765,778.80	3,063,115.20	168,471.34	900,552.00	3,602,208.00	198,121.44			
NIVEL NACIONAL	4,089,770.00	5,905,245.97	169,628.95	4,594,423.80	6,805,168.96	199,778.47	5,140,373.00	7,800,009.83	233,573.45			
	6.76%			6.45%			6.14%					
REGIÓN LA LIBERTAD	276,617.12	399,409.29	11,473.08	296,186.38	438,705.36	12,879.02	315,851.20	479,273.09	14,351.97			

	2018			2019			2020		
	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año
Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus)	1,786,226.00	2,375,680.58	23,756.81	2,078,117.00	2,763,895.61	27,638.96	2,396,324.00	3,187,110.92	31,871.11
Particulares (autos, stationwagon, pick up)	2,891,087.00	2,312,869.60	16,190.09	3,063,004.00	2,450,403.20	17,152.82	3,234,921.00	2,587,936.80	18,115.56
Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque)	1,050,304.60	4,201,218.40	231,067.01	1,215,036.60	4,860,146.40	267,308.05	1,394,748.00	5,578,992.00	306,844.56
NIVEL NACIONAL	5,727,617.60	8,889,768.58	271,013.91	6,356,157.60	10,074,445.21	312,099.83	7,025,993.00	11,354,039.72	356,831.23
	5.86%			5.58%			5.32%		
REGIÓN LA LIBERTAD	335,440.72	520,633.63	15,872.06	354,805.45	562,363.04	17,421.64	373,815.41	604,087.57	18,985.08
	2021			2022			2023		
	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año
Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus)	2,740,847.00	3,645,326.51	36,453.27	3,111,686.00	4,138,542.38	41,385.42	3,508,841.00	4,666,758.53	46,667.59
Particulares (autos, stationwagon, pick up)	3,406,838.00	2,725,470.40	19,078.29	3,578,755.00	2,863,004.00	20,041.03	3,750,672.00	3,000,537.60	21,003.76
Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque)	1,589,438.80	6,357,755.20	349,676.54	1,799,109.00	7,196,436.00	395,803.98	2,023,758.60	8,095,034.40	445,226.89
NIVEL NACIONAL	7,737,123.80	12,728,552.11	405,208.09	8,489,550.00	14,197,982.38	457,230.43	9,283,271.60	15,762,330.53	512,898.24
	5.07%			4.83%			4.61%		
REGIÓN LA LIBERTAD	392,358.35	645,479.36	20,548.56	410,338.15	686,252.37	22,100.00	427,673.31	726,158.65	23,628.83

	2024			2025			2026		
	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año	Cantidad de vehículos (und)	Unds. de Neumático Inservible - año	Cantidad de Ton. Por año
<i>Pasajeros (camioneta rural y panel, ómnibus)</i>	3,932,312.00	5,229,974.96	52,299.75	4,382,099.00	5,828,191.67	58,281.92	4,858,202.00	6,461,408.66	64,614.09
<i>Particulares (autos, stationwagon, pick up)</i>	3,922,589.00	3,138,071.20	21,966.50	4,094,506.00	3,275,604.80	22,929.23	4,266,423.00	3,413,138.40	23,891.97
<i>Camiones (camión, remolcador, remolque y semiremolque)</i>	2,263,387.60	9,053,550.40	497,945.27	2,517,996.00	10,071,984.00	553,959.12	2,787,583.80	11,150,335.20	613,268.44
NIVEL NACIONAL	10,118,288.60	17,421,596.56	572,211.52	10,994,601.00	19,175,780.47	635,170.27	11,912,208.80	21,024,882.26	701,774.49
	4.39%			4.19%			3.99%		
REGIÓN LA LIBERTAD	444,295.60	764,984.97	25,125.90	460,148.80	802,549.57	26,583.31	475,187.47	838,699.25	27,994.34

ANEXO D: Especificaciones técnicas de la planta PIROTEX

PIROTEX					
Especificaciones	Unidades	2.5 toneladas	5 toneladas	10 toneladas	20 toneladas
Capacidad máxima del reactor pirolítico por procesamiento	ton / día	2.50	5.00	10.00	20.00
Producción de aceite combustible	ton / día	0.88	1.75	3.50	7.00
Producción de negro de carbón	ton / día	1.13	2.25	4.50	9.00
Producción de metal	ton / día	0.25	0.50	1.00	2.00
Producción de gas	ton / día	0.25	0.50	1.00	2.00
Personal necesario	hombres / turno	2	2	3	6
Consumo eléctrico de arranque	kW	360.0	600.0	1200.0	2400.0
Agua industrial	m ³	20.0	40.0	80.0	160.0
Tiempo de alimentación	h	2.0	2.0	3.0	3.0
Tiempo de procesamiento	h	7.0	7.0	12.0	14.0
Tiempo de refrigeración	h	3.0	3.0	3.0	3.0
Tiempo de descarga	h	2.0	2.0	3.0	3.0
<i>Dimensiones máximas de sistema</i>					
Largo	m	6.0	12.0	24.0	48.0
Ancho	m	4.0	8.0	8.0	8.0
Altura	m	5.0	5.0	5.0	5.0
Lugar de instalación recomendado	m ²	300	400	500	800
Especificaciones Mini Refinería					
Combustible de retrolimentación	% del aceite	30%	30%	30%	30%
Combustible destilado	% del aceite	70%	70%	70%	70%
Consumo agua	m ³ /h	5.0	5.0	5.0	5.0
Consumo de energía	kw/h	2.0	2.0	2.0	2.0
Consumo de petróleo	kg/h	13.0	13.0	13.0	13.0
Tiempo de procesamiento	h	5	5	5	5
<i>Dimensión total del equipamiento</i>					
Largo	m	4.0	4.0	4.0	4.0
Ancho	m	4.0	4.0	4.0	4.0
Altura	m	3.5	3.5	3.5	3.5
Área recomendada	m ²	25.0	25.0	25.0	25.0
Peso de los equipos	ton	8.5	25.8	49.0	92.6
Tiempo vida útil	años	10	10	10	10
COSTO MAQUINARIA Y CAPACITADOR (€)		200,736.00	269,615.00	371,915.00	574,498.00
COSTO (\$/.)		3.595	721,645.92	969,265.93	1,337,034.43
				1,337,034.43	2,065,320.31

ANEXO E: Valorización para el Análisis del Impacto Ambiental

Atributos de Impactos Ambientales			Valorización							
Nombre	Definición	Código	-1	1	2	4	6	8	10	12
Relevancia de la componente	<i>Calidad actual del componente ambiental en la zona del proyecto</i>	REL	N/A	N/A	Baja	Media	Normal	Alta	Muy Alta	N/A
Carácter o Naturaleza	<i>Naturaleza del impacto</i>	N	Negativa	Positiva	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Intensidad	<i>Grado de incidencia (destrucción total o mínima)</i>	I	N/A	N/A	Baja	Media	N/A	Alta	N/A	Muy Alta
Área de Influencia	<i>Influecia del impacto con el entorno de la actividad</i>	AI	N/A	N/A	Puntual	Local	N/A	Regional	N/A	Extraregional
Plazo de manifestación o Momento	<i>Tiempo que transcurre desde la ejecución de la acción y la aparición del efecto</i>	PZ	N/A	Largo Plazo	Mediano Plazo	Inmediato	N/A	N/A	N/A	N/A
Permanencia del Efecto	<i>Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta el retorno a sus condiciones iniciales</i>	PE	N/A	Fugaz	Temporal	Permanente	N/A	N/A	N/A	N/A
Reversibilidad	<i>Posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción</i>	RV	N/A	Corto Plazo	Mediano Plazo	Irreversible	N/A	N/A	N/A	N/A
Recuperabilidad	<i>Posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado</i>	RE	N/A	N/A	Recuperable	Mitigable	N/A	Irrecuperable	N/A	N/A
Sinergia	<i>Reforzamiento de dos o más efectos simples</i>	S	N/A	Sin Sinergismo	Sinérgico	Muy Sinérgico	N/A	N/A	N/A	N/A
Acumulación	<i>Incremento de manifestación del efecto</i>	AC	N/A	Simple	N/A	Acumulativo	N/A	N/A	N/A	N/A
Relación Causa - Efecto	<i>Forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción</i>	RCE	N/A	Indirecto	N/A	Directo	N/A	N/A	N/A	N/A
Regularidad de Manifestación	<i>Regularidad de manifestación del efecto (cíclica, predecible o constante)</i>	RM	N/A	Irregular	Periódico	Continuo	N/A	N/A	N/A	N/A

ANEXO F: Grado de Impacto

Grado de Impacto	VI
Leve	$VI < 25$
Moderado	$25 \leq VI < 50$
Alto	$50 \leq VI < 75$
Muy Alto	$75 \leq VI$

ANEXO G: Consumo Mensual en galones por vehículo

N°	TIPO DE VEHICULO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL (gal/año)
1	BARREDORA MECÁNICA	-	10.00	-	-	-	-	45.00	-	-	-	-	-	55.00
2	CAMIÓN GRUA	-	-	-	-	-	-	-	53.00	-	-	-	-	53.00
3	CAMIÓN GRUA	280.49	275.52	634.34	315.74	489.83	408.60	571.78	616.92	365.61	-	-	-	3958.83
4	CAMIONETA	211.30	222.02	125.37	229.44	257.64	167.46	124.84	168.74	165.69	256.31	143.92	-	2072.73
5	CAMIONETA	84.75	49.80	86.48	104.85	86.92	62.68	68.72	20.89	-	15.00	10.07	-	590.16
6	CAMIONETA	107.31	95.20	137.90	105.25	60.46	78.54	116.22	91.52	93.29	59.92	79.11	-	1024.72
7	CAMIONETA	-	-	-	12.31	39.10	27.85	127.21	100.97	-	-	-	-	307.44
8	CAMIONETA	56.30	78.95	55.32	86.29	54.37	30.58	15.76	29.06	63.61	70.70	63.22	-	604.16
9	CARGADOR FRONTAL	-	-	664.90	389.37	-	-	-	-	-	-	-	-	1054.27
10	CARGADOR FRONTAL	-	-	82.71	54.00	-	-	-	-	-	13.00	-	-	149.71
11	CARGADOR FRONTAL	1,789.24	770.71	1,799.14	2,065.72	953.63	763.54	-	403.93	642.15	756.03	1,079.52	60.00	11083.61
12	CAMIÓN CISTERNA	-	-	-	-	-	34.46	-	-	-	-	-	-	34.46
13	CAMIÓN CISTERNA	703.63	447.05	626.60	449.69	676.93	542.45	687.77	708.75	720.26	1,004.33	546.11	25.99	7139.56
14	CAMIÓN CISTERNA	331.19	175.79	428.92	393.01	338.25	498.06	455.93	750.20	726.28	837.69	811.75	19.56	5766.63
15	CAMIÓN CISTERNA	85.39	221.52	309.26	292.22	135.76	426.88	301.68	453.34	450.27	624.94	457.84	17.51	3776.61
16	CAMIÓN CISTERNA	549.67	439.39	661.98	614.52	583.27	522.00	684.14	652.25	602.94	845.86	750.68	22.23	6928.93
17	CAMIÓN CISTERNA	626.00	428.28	662.63	692.12	594.66	546.53	561.36	229.24	59.61	224.00	51.00	-	4675.43
18	COMPACTADOR DE BASURA	125.98	184.49	78.10	68.05	136.18	134.04	225.37	370.00	321.07	184.72	289.89	30.03	2147.92
19	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	-	-	32.66	-	-	-	31.96	-	64.62
20	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	-	-	344.15	295.00	416.07	278.66	245.73	15.17	1594.78
21	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	-	-	296.36	542.69	509.35	587.27	284.74	-	2220.41
22	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	-	-	183.98	405.08	-	190.48	476.76	29.99	1286.29
23	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	-	-	40.00	44.00	15.00	10.00	-	-	109.00
24	COMPACTADOR DE BASURA	987.09	575.67	1,134.42	934.71	413.13	1,171.28	1,145.65	771.52	173.88	-	-	-	7307.35
25	COMPACTADOR DE BASURA	960.34	680.73	1,113.50	1,100.42	1,064.83	1,278.33	1,121.49	78.97	607.79	931.71	827.38	36.00	9801.49
26	COMPACTADOR DE BASURA	917.33	614.48	1,077.15	940.45	733.29	702.17	759.99	765.58	582.11	533.75	680.21	28.77	8335.28
27	COMPACTADOR DE BASURA	1,075.15	545.45	967.76	855.09	1,181.65	182.94	22.00	536.17	863.28	820.86	678.00	41.00	7769.35
28	COMPACTADOR DE BASURA	-	14.00	-	-	-	42.28	-	-	-	-	-	-	56.28
29	COMPACTADOR DE BASURA	675.11	161.05	263.01	850.98	846.75	234.05	453.29	422.10	546.59	402.18	198.85	-	5053.96
30	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	45.00	-	-	-	-	-	-	-	45.00
31	COMPACTADOR DE BASURA	885.04	593.99	952.26	1,000.34	967.00	1,057.98	1,053.41	786.11	705.95	654.52	765.75	39.00	9461.35
32	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	-	-	-	24.00	-	-	-	-	-	-	24.00
33	COMPACTADOR DE BASURA	-	-	13.54	-	-	-	18.59	-	-	-	-	-	32.13
34	COMPACTADOR DE BASURA	426.62	-	-	30.00	-	-	48.00	-	-	-	-	-	504.62
35	COMPACTADOR DE BASURA	-	79.01	555.81	760.94	756.31	703.97	302.04	785.50	474.80	388.74	401.65	32.82	5241.59

N°	TIPO DE VEHICULO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL (gal/año)
36	COMPACTADOR DE BASURA	929.39	515.75	832.60	531.30	480.51	734.66	551.87	738.22	517.64	639.45	651.77	22.00	7145.16
37	COMPACTADOR DE BASURA	993.06	540.15	807.39	1,084.97	1,094.46	1,046.99	1,006.54	222.58	235.32	359.00	94.00	-	7484.46
38	COMPACTADOR DE BASURA	947.90	593.77	801.61	839.49	713.38	771.56	836.31	16.01	-	615.43	616.00	36.00	6787.46
39	COMPACTADOR DE BASURA	957.52	552.00	1,037.84	1,027.80	820.03	1,181.82	1,073.70	468.90	810.19	836.49	226.00	-	8992.29
40	GENERADOR	65.00	-	-	31.30	-	-	-	-	-	-	-	-	96.30
41	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	195.13	144.35	214.45	175.39	128.82	67.66	10.68	80.39	72.21	-	140.74	12.25	1242.07
42	CAMIÓN TRANSPORTADOR DE CONCRETO	110.24	15.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125.93
43	MAQ. MENORES	64.78	309.63	569.27	280.81	363.71	307.61	291.25	821.31	1,072.60	960.51	1,077.31	48.97	6167.76
44	CAMIÓN FURGÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.76	-	10.76
45	CAMIÓN FURGÓN	-	-	107.69	109.17	115.34	-	-	-	-	-	-	-	332.20
46	CAMIÓN FURGÓN	451.74	323.07	273.89	511.62	331.84	329.85	316.20	71.90	99.81	183.09	193.62	15.84	3102.47
47	CAMIÓN FURGÓN	245.54	106.23	238.75	273.89	220.61	252.94	231.82	291.39	544.32	273.56	259.12	10.93	2949.10
48	MOTOCICLETA	-	13.80	20.18	20.87	29.42	10.23	6.71	20.86	20.63	20.32	18.75	-	181.77
49	MOTOCICLETA	17.18	22.69	17.42	23.79	22.03	16.99	19.86	22.97	23.50	23.60	18.68	-	228.71
50	MOTOCICLETA	-	14.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.10
51	MOTOCICLETA	28.26	29.80	20.11	36.63	35.24	15.07	26.84	23.09	46.10	22.64	4.25	-	288.03
52	MOTOCAR	46.64	74.30	61.72	95.23	85.09	40.48	20.78	20.13	42.29	48.56	27.32	-	562.54
53	MOTOCAR	20.70	22.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.80
54	MOTOCAR	18.46	21.18	33.42	14.02	29.35	19.29	19.88	20.19	23.04	10.92	-	-	209.75
55	MOTOCAR	21.28	24.33	-	-	3.00	-	-	-	-	5.00	-	-	53.61
56	MOTOCAR	-	6.26	14.14	18.16	17.91	3.69	2.16	1.87	7.27	-	-	-	71.46
57	MOTOCAR	45.01	39.91	38.28	76.08	63.86	62.33	70.41	10.67	-	24.74	16.68	-	447.97
58	MOTOCAR	34.80	61.12	34.15	45.17	35.44	25.39	19.23	-	26.96	47.16	26.30	-	355.72
59	MOTOCAR	-	-	-	-	-	-	2.96	-	-	-	-	-	2.96
60	MOTOCAR	19.41	14.91	10.84	-	-	-	-	-	3.38	5.61	-	-	54.15
61	MOTOCAR	185.99	90.00	10.10	-	4.74	9.24	-	2.84	-	-	-	-	302.91
62	MOTOCAR	-	-	-	-	-	-	9.71	-	-	-	4.30	-	14.01
63	MOTOCAR	-	-	-	-	-	-	22.02	108.85	93.10	73.89	75.20	-	373.06
64	MOTOCAR	-	-	-	-	-	-	41.23	33.49	22.47	20.38	35.59	-	153.16
65	MOTOCAR	-	8.36	9.17	34.57	31.14	29.88	29.69	29.64	30.17	8.84	21.57	-	233.03

N°	TIPO DE VEHICULO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL (gal/año)
66	MOTOCAR	5.92	18.45	10.01	12.94	20.82	13.11	4.35	8.87	18.73	12.69	16.70	-	142.59
67	MOTOCAR	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	3.31	-	-	6.31
68	MOTOCAR	3.13	7.04	30.13	8.70	36.72	38.14	44.45	8.53	15.44	32.24	22.57	-	247.09
69	MOTOCAR	-	6.27	28.10	41.09	23.62	58.92	36.21	31.09	34.13	28.31	22.38	-	310.12
70	MOTOCAR	-	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.45
71	MOTOCAR	-	-	-	-	-	-	-	-	4.71	-	-	-	4.71
72	MOTOCAR	16.47	12.13	16.87	33.21	33.02	30.30	-	-	-	-	-	-	142.00
73	MOTOCAR	-	-	-	-	-	45.00	-	-	-	-	-	-	45.00
74	MOTOCAR	66.52	96.23	97.96	88.55	56.99	25.41	58.49	19.49	21.33	47.44	19.05	-	597.46
75	MOTOCAR	69.39	52.17	61.29	56.06	56.03	53.94	60.59	25.53	44.54	29.48	26.14	-	535.16
76	MOTOCAR	-	2.83	-	-	2.85	-	-	-	-	-	-	-	5.68
77	MOTOCAR	-	3.59	39.06	27.51	27.35	28.97	31.64	20.11	23.58	28.50	12.41	-	242.72
78	MOTOCAR	-	7.65	27.77	8.39	-	-	2.75	-	-	5.83	-	-	52.39
79	MOTOCAR	26.91	36.23	11.13	32.63	9.00	5.77	28.77	31.01	35.84	33.54	20.96	-	271.79
80	MOTOCAR	-	11.98	2.62	36.48	-	-	-	-	-	-	-	-	51.08
81	MOTOCAR	39.54	12.69	2.67	47.01	40.62	16.02	12.57	45.48	32.10	22.48	23.73	-	294.91
82	MOTOCAR	-	-	-	-	-	-	5.50	-	-	-	-	-	5.50
83	TRACTOR GRUA	494.63	880.00	829.08	1,200.00	1,000.00	800.00	680.00	359.27	-	-	-	-	6242.98
84	VEHICULO APOYO	1,991.90	8,045.21	2,374.71	702.33	95.01	20.00	103.53	80.00	114.11	476.20	202.16	-	14205.16
85	CAMIÓN VOLQUETE	-	-	-	55.00	40.00	19.00	38.95	-	-	-	-	-	152.95
86	CAMIÓN VOLQUETE	866.51	897.82	1,111.05	1,304.12	770.81	952.37	400.08	20.00	-	15.00	-	-	6337.76
87	CAMIÓN VOLQUETE	-	-	-	619.83	1,181.00	1,253.35	578.50	471.00	347.71	711.91	601.50	27.00	5791.80
88	CAMIÓN VOLQUETE	996.08	834.82	1,171.45	1,487.77	521.20	723.20	707.74	476.76	610.00	332.00	784.97	33.00	8678.99
89	CAMIÓN VOLQUETE	1,126.92	1,073.70	1,233.52	1,531.42	1,466.58	953.05	762.62	250.59	612.00	695.34	599.00	54.00	10358.74
90	CAMIÓN VOLQUETE	-	-	-	92.38	50.20	44.21	64.36	-	-	35.00	-	-	286.15

ANEXO H: Cálculo para la proyección de Ingresos por Recaudación del SEGAT

INGRESOS POR RECAUDACIÓN SEGAT											
AÑO	DATOS REALES	ESTIMACIÓN LINEAL $y = 36572x + 2E+07$	% ERROR	PROYEC. LOGARÍTMICA $y = 139077\ln(x) + 2E+07$	% ERROR	P. EXPONENCIAL $y = 2E+07e^{0.0019x}$	% ERROR	PROYECCIÓN POLINÓMICA $y = 2662.4x^2 + 20598x + 2E+07$	% ERROR	P. POTENCIAL $y = 2E+07x^{0.0072}$	% ERROR
2010	18,877,930.31	20,036,572.00	6.14%	20,000,000.00	5.94%	20,038,036.12	6.15%	20,023,260.40	6.07%	20,000,000.00	5.94%
2011	20,078,223.72	20,073,144.00	0.03%	20,096,400.83	6.45%	20,076,144.58	6.35%	20,051,845.60	6.22%	20,100,062.68	6.47%
2012	19,259,701.10	20,109,716.00	4.41%	20,152,791.70	6.75%	20,114,325.52	6.55%	20,085,755.60	6.40%	20,158,827.50	6.79%
2013	18,660,382.36	20,146,288.00	7.96%	20,192,801.66	6.97%	20,152,579.07	6.75%	20,124,990.40	6.61%	20,200,625.98	7.01%
2014	19,769,710.41	20,182,860.00	2.09%	20,223,835.80	7.13%	20,190,905.36	6.96%	20,169,550.00	6.84%	20,233,107.07	7.18%
			4.13%		6.65%		6.55%		6.43%		6.68%