

UNIVERSIDAD CATÓLICO SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE REGENERACIÓN DE LOS
ACEITES LUBRICANTES MULTIGRADO USADOS EN
AUTOMÓVILES LIVIANOS, PARA SU REUTILIZACIÓN EN LA
REGIÓN DE LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

DANIEL EDERSON AGUILAR OCUPA

ASESOR

LUCIO ANTONIO LLONTOPO MENDOZA

<https://orcid.org/0000-0002-2561-0126>

Chiclayo, 2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE REGENERACIÓN DE LOS
ACEITES LUBRICANTES MULTIGRADO USADOS EN
AUTOMÓVILES LIVIANOS, PARA SU REUTILIZACIÓN
EN LA REGIÓN DE LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR

DANIEL EDERSON AGUILAR OCUPA

A la facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Alexander Querevalú Morante

PRESIDENTE

Luis Alberto Gonzáles Bazán

SECRETARIO

Lucio Antonio Llontop Mendoza

VOCAL

Dedicatoria

Para mi familia, mis padres, hermanos y tíos que estuvieron presentes en todo este proceso de mi formación, gracias por sus consejos y por ser un ejemplo a seguir.

A una persona en especial que ahora me brinda su bendición desde el cielo, sé que en todo momento me esta cuidado y guiándome por el resto de mi vida.

Agradecimientos

Agradecer a Dios por brindarme salud, bondad y misericordia.

A todos los docentes que formaron parte de esta formación profesional, por su entrega, su exigencia.

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
III. OBEJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1. OBJETIVO GENERAL	16
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
IV. MARCO TEÓRICO	17
4.1. Antecedentes	17
4.2. Aceites lubricantes usados:	18
4.3. Tipos de aceite lubricante presentes en el mercado peruano	18
4.3.1. Aceite mineral monogrado	19
4.3.2. Aceite mineral multigrado	20
4.4. Tipos de aceites lubricantes.....	20
4.5. Composición de los aceites lubricantes.....	20
4.6. El aceite lubricante usado:.....	21
4.7. Contaminantes de los aceites lubricantes usados	22
4.8. Procesos de recuperación de aceites usados.....	23
4.8.1. Proceso de Ácido-Arcilla:	23
4.8.2. Procedimiento de extracción con propano.....	24
4.8.3. Filtración micrónica.....	25
4.9. Tipos de Destilación	26
4.9.1. Destilación Batch.....	26
4.9.2. Destilación Continua	27
4.10. Destilación en Vacío	27
4.10.1. Elementos para generación del vacío.....	28
V. METODOLOGÍA.....	29
5.1. Nivel de la Investigación	29
5.2. Población y Muestra	29
5.3. Criterios de Selección	30
5.4. Diseño Metodológico.....	30
5.5. Variables Operacionales	31

5.6.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información	32
5.7.	Plan de Viabilidad.....	33
VI.	PARQUE DE AUTOMÓVILES LIVIANOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE	
	35	
VII.	CANTIDAD DE ACEITE LUBRICANTE USADO SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO LIVIANO	40
VIII.	SELECCIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE USADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS	43
8.1.	Características que deben presentar los aceites lubricantes usados según EPA	
	44	
8.2.	Concentración de azufre según la norma ASTM D 129	45
8.3.	Concentración de cloro según la norma ASTM D 808.....	45
8.4.	Análisis para metales presentes en los lubricantes usados, según la norma ASTM 811	45
IX.	SELECCIÓN DEL PROSESO QUE SE UTILIZARÁ PARA LA REGENERACIÓN DE ACEITE LUBRICANTE DE AUTOMÓVILES LIVIANOS USADOS	47
9.1.	Ventajas y desventajas de los tipos procesos de regeneración	47
9.2.	Criterio de selección del proceso a utilizar	48
9.3.	Selección del proceso de regeneración de aceite lubricantes usados a utilizar	50
X.	PROCESO DE REGENERACIÓN RE-REFINACIÓN	50
10.1.	Recepción y Pretratamiento previo del aceite lubricante usado.....	50
10.2.	Destilación y separación de los productos	50
10.3.	ACABADO	51
XI.	CÁLCULO DE PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	52
11.1	Diseño del depósito de almacenamiento de aceite lubricante usado	52
11.2.	Diseño del depósito de floculantes:	54
11.3.	Diseño del tanque de decantación y sistema de agitación	55
11.4.	Diseño de la columna de destilación batch en vacío	59
11.4.1.	Balance de masas	59
11.4.2.	Cálculo del Reflujo Mínimo.....	60
11.4.3.	Número de etapas de la columna de destilación tipo batch en vacío.	65
11.4.4.	Densidad del vapor.....	65
11.4.1	Parámetros de la columna de destilación	66

11.4.6. Diseño del Condensador	68
11.4.7. Agua requerida en el condensador	69
11.4.8. Potencia en el tanque con la resistencia eléctrica para calentar el agua de enfriamiento	69
11.4.9. Selección de la bomba de vacío	69
11.4.10. Tiempo de Bombeo	70
XII. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	72
12.1. Utilidad.....	72
12.2. Costo de Equipo Industrial.....	73
12.3. Costo de Instalación de Equipos	73
12.4. Imprevistos	73
12.5. Programación de Producción y ventas	73
12.6. Inversión del Capital fijo para el proyecto	74
12.7. Flujo de Caja Económico	74
1.1. Cálculo del VAN y el TIR	76
II. CONCLUSIONES.....	77
III. RECOMENDACIONES:	78
IV. ANEXOS.....	79
V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	85

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1:: Aceites lubricantes usados en el Perú	19
Imagen 2: Tipos de aceites lubricantes minerales para motor.....	19
Imagen 3: Proceso de ácido-arcilla.....	24
Imagen 4: Proceso de extracción con propano.	25
Imagen 5: Tipos de destilación.....	26
Imagen 6: Relleno estructurado.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Composición y propiedades de un aceite lubricante virgen y uno usado.....	21
Tabla 2: Contaminantes presentes en los aceites usados.....	22
Tabla 3: Contaminantes presentes en los aceites usados.....	23
Tabla 4: Variables operacionales.....	31
Tabla 5: Técnicas de recopilación de información.....	32
Tabla 6: Cantidad de vehículos livianos de la región Lambayeque.....	35
Tabla 7: Coeficiente de determinación R^2	37
Tabla 8: Cantidad de vehículos livianos que se ha proyectado del 2020-2025.....	39
Tabla 9: Cantidad de aceite lubricante que lleva cada automóvil.....	40
Tabla 10: Cantidad anual de aceite lubricante usado en automóviles.....	40
Tabla 11: Cantidad anual de aceite lubricante usado en Station Wagon.....	41
Tabla 12: Cantidad anual de aceite lubricante usado en Pick Up.....	41
Tabla 13: Cantidad anual de aceite lubricante usado en el tipo de vehículo Rural.....	41
Tabla 14: Cantidad anual de aceite lubricante usado.....	42
Tabla 15: Propiedades del aceite lubricado virgen y aceite lubricante usado.....	43
Tabla 16: Niveles de concentración máxima permisible de los contaminantes presentes en los residuos de aceites usados según EPA.....	44
Tabla 17: Características a cumplir por la norma ASTM D 808.....	45
Tabla 18: Proceso de regeneración de los aceites lubricantes usados.....	47
Tabla 19: Aspectos o características a evaluar de cada proceso.....	48
Tabla 20: Valoración de los aspectos a evaluar.....	49
Tabla 21: Matriz de evaluación o decisión.....	49
Tabla 22: Demanda promedio por año con lo que el proyecto se diseñará.....	52
Tabla 23: Tipo de floculante con el porcentaje de absorción.....	55
Tabla 24: Propiedades del aceite lubricante usado.....	59
Tabla 25: Costo total de Producción.....	72
Tabla 26: Costo de Equipos.....	73
Tabla 27: Costo de Inversión Fija.....	74
Tabla 28: Flujo de caja Económico.....	75

RESUMEN

En la actualidad el parque automotor de la región Lambayeque ha crecido a pasos muy acelerados, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones existes 60 658 mil automóviles livianos (Automóvil, Station Wagon, Pick Up), esto involucra el aumento uno de los servicios de mantenimiento que se realizan diariamente, que es el cambio de aceites lubricantes multigrado, generando la acumulación de residuos peligrosos, estos residuos están compuestos de plomo, cromo, cloro, fósforo, y azufre que, cuando son quemados emiten gases tóxicos y producen más de 3000 tipos de cáncer. Estos inadecuados manejos de los residuos provocan la degradación de la flora y fauna que nos rodea. En el Perú, en la ciudad de Lima existe una planta para tratar los aceites lubricantes usados mediante el proceso de re-refinación, pero esta planta no cuenta con una capacidad de regeneración para todos los aceites usados de todo el país.

Es por ello, que una posible solución para tratar los aceites lubricantes usados en la Región Lambayeque, fue diseñar un sistema que regenere el aceite lubricante multigrado usado en automóviles livianos y transformarlo en uno nuevo. Existen procesos como la filtración mi crónica, extracción con propano, re-refinación que son utilizados en plantas o máquinas para la regeneración de aceites usados.

En este sentido, el presente estudio está orientado a diseñar un sistema de regeneración, que, mediante un proceso de filtración se realizará la separación de contaminantes de los aceites usados, para recuperar sus propiedades y volver a utilizarlo.

Se determinó la cantidad aceites lubricantes multigrados usados que se generan en la región, además; se seleccionó el tipo de aceite que tenga las propiedades necesarias para regenerarlos, para así determinar los parámetros del proceso y seleccionar los dispositivos que conformaran al sistema. Este proceso es capaz de reintroducir el residuo nuevamente en el ciclo productivo, el cual consiste en eliminar los contaminantes presentes en el aceite usado y extraer aceite base para la fabricación de nuevos lubricantes, contribuyendo con ello a la reducción de la contaminación ambiental con este tipo de residuos tóxicos.

Palabras claves: lubricante multigrado usado, residuos peligrosos, contaminación ambiental, sistema de regeneración.

ABSTRACT

Currently, the automotive fleet in the Lambayeque region has grown at very rapid rates, according to the Ministry of Transportation and Communications there are 60 658 thousand light cars (Automobile, Station Wagon, Pick Up), this involves increasing one of the maintenance services that are carried out daily, which is the change of multigrade lubricating oils, generating the accumulation of hazardous waste, these wastes are composed of lead, chromium, chlorine, phosphorus, and sulfur that, when burned, emit toxic gases and produce more than 3000 types Of cancer. These inadequate waste management cause the degradation of the flora and fauna that surrounds us. In Peru, in the city of Lima there is a plant to treat used lubricating oils through the re-refining process, but this plant does not have a regeneration capacity for all used oils throughout the country.

That is why a possible solution to treat used lubricating oils in the Lambayeque Region was to design a system that regenerates the multigrade lubricating oil used in light automobiles and transform it into a new one. There are processes such as my chronicle filtration, propane extraction, re-refining that are used in plants or machines for the regeneration of used oils.

In this sense, the present study is aimed at designing a regeneration system, which, through a filtration process, will separate contaminants from used oils, to recover their properties and reuse them.

The quantity of used multigrade lubricating oils generated in the region was also determined; The type of oil that has the necessary properties to regenerate them was selected, in order to determine the process parameters and select the devices that will make up the system. This process is capable of reintroducing the waste back into the production cycle, which consists of eliminating the pollutants present in the used oil and extracting base oil for the manufacture of new lubricants, thereby contributing to the reduction of environmental pollution with this type. of toxic waste.

Keywords: used multigrade lubricant, hazardous waste, environmental pollution, regeneration system.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial la demanda de aceites lubricantes es de 36.4 millones de toneladas. Esto se debe a que aproximadamente 1.4 mil millones de vehículos circulan en todas las ciudades de todo el mundo, donde los automóviles representan aproximadamente el 74% del total de vehículos automotores en el mundo y el 26% restante está compuesto por camiones pesados y autobuses [1]. Este crecimiento de vehículos que afecta directamente a la demanda de aceites lubricantes, origina que se produzca una alta cantidad de residuos de aceites lubricantes usados, producto del mantenimiento realizado a dichos vehículos. Después que el lubricante cumple su vida útil se convierte en un residuo muy contaminante, convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental muy crítico debido a los elementos que se encuentran después de ser usados. Según un estudio realizado por EPA [2], afirma que más de 3000 tipos de cáncer serían resultado de la absorción de cromo y sus componentes durante la quema que se realiza al usarlo como combustible.

La creación y expansión de las ciudades, el mejoramiento de la infraestructura, la migración entre ciudades, el crecimiento de la población en el Perú ha causado el crecimiento del parque vehicular Nacional. Según el Ministerio de transportes y comunicaciones [3] 2018, el Perú cuenta con un parque vehicular de 2 894 327 vehículos, el 84.3% está compuesto por vehículos livianos (automóviles, station wagon, camionetas pick up, panel y rural) y 14.7 % de unidades pesadas (camión, ómnibus, remolcadores, remolque y semirremolque). Esto involucra el crecimiento de la demanda de aceites lubricantes, y estos cuando cumplan su tiempo de vida útil se convertirán en residuos peligrosos, contaminando el medio ambiente y afectando la salud de la población.

Según [4], la capacidad de regeneración de los aceites usados, en el Perú, es muy escasa y poco relevante, esto se debe a los diferentes factores, por ejemplo, no se cuenta con la tecnología disponible, un marco legal que regule la gestión. Además, la falta conciencia de los empresarios y la sociedad, donde el personal no es capacitado con técnicas de recolección y almacenamiento del residuo, ocasionando la contaminación del suelo y agua de la ciudad. De acuerdo a este estudio [5];1 litro de aceite lubricante usado puede llegar a contaminar un aproximado de 100000 litros de agua.

La siguiente tesis se desarrollará en torno a los residuos de aceite lubricante usados que se almacenan en los principales puntos de mantenimiento en la ciudad de Chiclayo. En esta ciudad los lugares donde se realiza el servicio de mantenimiento son los talleres

mecánicos o en los centros de inspecciones técnicas. En estos lugares es donde se generan grandes volúmenes de aceite lubricante usados. Por otro lado, W. Navarro [6], el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos aprobado mediante el Decreto Supremo N° 057-2004-PCM , indica que los residuos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados (aceite lubricante usado) están clasificados en la Lista A: Residuos Peligrosos como residuo de clase A3.2, por lo que el manejo de este residuo debe ser tratado de manera especial, tal como lo señalan las Normas Técnicas Peruanas número NTP 990.050.2008, NTP 990.051.2008, NTP 990.052.2008, NTP 990.053.2008, NTP 990.054.2004.

El problema que se tiene en estos lugares con los residuos de aceite lubricante usado, es que no se cuenta con un adecuado manejo de estos residuos, provocando así un mal uso del aceite lubricante usado y causando el incremento de la contaminación ambiental en la ciudad, debido a la falta de alternativas técnicas para su tratamiento. Por tal motivo, se planteó la siguiente pregunta ¿De qué manera la siguiente propuesta sobre un diseño de un sistema de regeneración para los aceites lubricantes usados de automóviles, en la ciudad de Chiclayo, ayudaría a mejorar el tratamiento de regeneración de estos residuos?

Una posible solución para tratar los aceites lubricantes usados es diseñar sistema que regenere el aceite usado y transformarlo en uno nuevo. Existen procesos como la filtración mi crónica, extracción con propano que son utilizados en plantas o máquinas para la regeneración de aceites usados. En este sentido, el presente estudio está orientado a diseñar un sistema de regeneración, que, mediante un proceso de filtración se realizará la separación de contaminantes de los aceites usados, para luego ser regenerados.

II. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El inadecuado manejo de los residuos de aceite lubricante usado en la Región Lambayeque y la falta de técnicas de recolección y almacenamiento está provocando el incremento de la contaminación ambiental, y la propagación de enfermedades como el cáncer, debido a los residuos que contienen estos residuos. Actualmente, no se cuenta con un plan de manejo sustentable un sistema de regeneración para tratar los aceites usados.

Por lo tanto, en vista de que no hay una solución a estos problemas, se propone desarrollar esta tesis que consiste en un diseño de un sistema de regeneración para los aceites lubricantes usados de automóviles livianos, en la Región Lambayeque. Con esta propuesta se está contribuyendo al cuidado del medio ambiente, y a la vez mejorando el fin último de los residuos de aceite lubricante usado.

Justificación Económica

Con el desarrollo de esta propuesta se promueve a que los residuos ya regenerados se reintroduzcan nuevamente en el ciclo productivo. El proceso consiste en separar el agua, aditivos, metales pesados, para obtener una base lubricante válida para su reformulación en nuevo aceite lubricante, lo que contribuye a un notable ahorro de materia prima. Según estudios realizados los costos del aceite regenerado están en el orden de un 45% menos que el costo de un aceite nuevo. Por lo tanto, este estudio tendrá un impacto positivo en la parte económica porque la venta de este nuevo aceite lubricante regenerado será menor que el aceite nuevo.

Justificación Ambiental:

El diseño de un sistema de regeneración para los aceites lubricantes usados, ayudará a minimizar la contaminación del medio ambiente, porque a través de un proceso de regeneración se tratará los residuos peligrosos para transformarlo en un aceite nuevo y volver a reutilizarlo. Con esta propuesta se busca que los residuos de aceite lubricante usado tengan un fin diferente al que hoy en día se les tiene como, por ejemplo, utilizarlo como combustible contaminando el aire, vertiéndolo en el suelo o el agua, propagando la contaminación y las enfermedades cancerígenas en la población.

Justificación Académica:

Este estudio se realizó porque en la actualidad se necesita de soluciones eficientes para tratar aquellos residuos peligrosos como los aceites lubricantes usados, que no solo contaminan el medio ambiente, sino que afecta la salud de las personas. Es por ello que este estudio mediante un diseño de un sistema de regeneración de los aceites lubricantes usados, busca contribuir en la minimización de la contaminación ambiental que se genera por el mal uso que se está dando a residuos peligrosos. El desarrollo de la tesis es muy importante, porque ayuda a adquirir conocimientos sobre los procesos de regeneración que existen y en qué sector de las industrias puedo implementarlos para la solución de problemas.

III. OBEJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. OBJETIVO GENERAL

Diseño de un sistema de regeneración de los aceites lubricantes multigrado usados en automóviles livianos, para su reutilización en la Región de Lambayeque.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la cantidad de aceites lubricantes multigrado usados en automóviles livianos que se generan en la Región Lambayeque.
2. Comparar las características físicas y químicas del aceite lubricante multigrado nuevo y aceite lubricante multigrado usado.
3. Seleccionar el proceso de regeneración de aceite lubricante usado y diseñar los componentes que lo conforman.
4. Determinar los parámetros y seleccionar los equipos que se utilizarán para regenerar los aceites lubricantes usados.
5. Evaluar la viabilidad económica del proyecto.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

A nivel Nacional existe una empresa en Puente Piedra, Lima, Perú. “CILSA Compañía Industrial Lima S.A” [7], esta empresa participa en las áreas de colecta y Re-refino de aceites lubricantes usados, para así producir un aceite lubricante base de altísima calidad por su intrínseco alto índice de viscosidad. En este sentido, para obtener 3/4 de galón de aceite re-refinado se necesita solo 1 galón de aceite usado; en cambio para obtener 1 galón de aceite virgen se necesitan 55 galones de petróleo.

Carmen L. [8] 2019, en su informe página web SIGAUS, menciona que luego de reciclar el aceite lubricante usado, el 70 % son tratados para convertirse en nuevas bases lubricantes para la fabricación de nuevos aceites, mientras que el 30% restante, luego de su tratamiento, pueden ser aprovechado como combustible industrial o reciclado. El mercado adherido a SIGAUS cuenta con 192 recogedores y 195 instalaciones de gestión, y se recogen 1 821 306 toneladas de aceite usados, donde se logra regenerar 1 243 949 toneladas y 563 555 toneladas valorizadas energéticamente. Los beneficios ambientales conseguidos son 778 712 toneladas de nuevos lubricantes devueltos al mercado, suficientes para llenar el Carter de 192 millones de turismos; se ahorran 366 000 000 de barriles de petróleo gracias a la regeneración de los aceites usados; 830 000 toneladas de CO₂ evitadas gracias al aceite usado regenerado, respecto al refino del petróleo y 6 109 GWh de energía generada, gracias al aceite usado valorizado energéticamente, cantidad suficiente para abastecer el consumo anual de 1,7 millones de hogares.

E. Italo [5] 2015, en su proyecto, comprobó que el proceso de filtración micrónica con elementos filtrantes desarrollado durante la investigación logra una separación de partes metálicas y orgánicas en aceites usados. Además, el sistema que se diseñó es económico, donde los costos de los aceites recuperados es aproximadamente el 45% menos que el valor de un aceite nuevo. Este pequeño sistema logra garantizar flujos de 25 Gl/min. En dicho lugar se generan 30 000 Gl (114 m³) de aceites usados, se calculó que se recuperará aproximadamente 10 000 Gl (37.87 m³), de los cuales 5 000 Gl son incorporados al mercado de los combustibles.

Por su parte, M. Vinicio y J. Rodrigo [9] 2017, se logra regenerar mensualmente 38 000 galones, evitando así que se contamine 19 000 000 m³ de aire, cantidad que es

respirada por 19 000 personas en un tiempo de 3 años. Además, se logrará regenerar aproximadamente 456 000 galones de aceite lubricante usado al año, evitando así utilizar 31 920 000 galones de petróleo.

R. Groveña [10] 2015, en su investigación, se realizó una caracterización de las borras acidad generadas en la re-refinación de los aceites usados, dirigida a sus propiedades físico-químicas. Luego se dispuso a estos alquitranes recuperados a una evaluación físico química permitió determinar que cuenta con la composición de un asfalto, donde se considera un material asfáltico comercial.

4.2. Aceites lubricantes usados:

Los aceites lubricantes usados son desechados luego de cumplir con su tiempo de vida, durante ese tiempo son utilizados para disipar el calor o evitar la fricción excesiva entre los elementos cuando están en movimiento. Cuando un aceite lubricante esta usado, una de las características que se puede observar es que se torna de color oscuro debido, que, durante su uso se mezclan con sustancias como agua, productos químicos y partículas de metal [11].

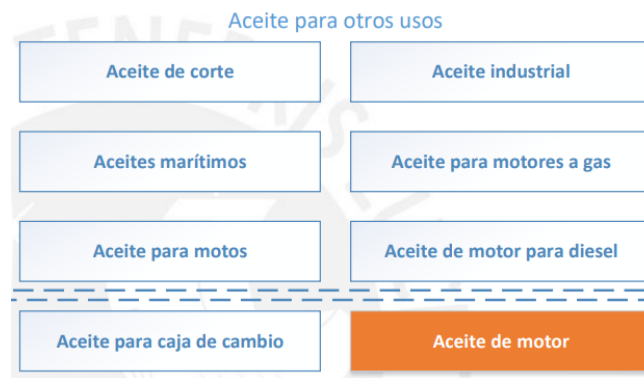
Los aceites lubricantes usados están son industriales con base mineral o sintética que son incorrectos para poder utilizarlos. El aceite de origen mineral comprende los aceites lubricantes de motores, transmisión, de transferencia de calor [9].

Según M. Vinicio y J. Rodrigo [9], la Orden 28 febrero de 1989, BOE 57- Art. 2, en la definición de aceites usados están incluidos todos los aceites con base mineral o sintética lubricante que hayan cumplido con su tiempo de vida y ya no sirven para cumplir con lo que es asignado inicialmente.

4.3. Tipos de aceite lubricante presentes en el mercado peruano

A continuación, se muestra una imagen de los tipos de aceites lubricantes que están en el mercado a nivel nacional.

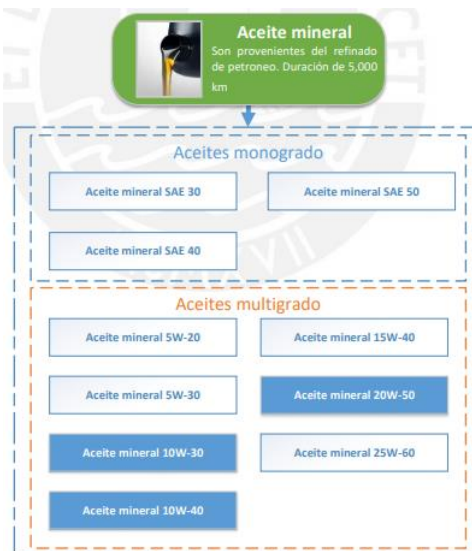
Imagen 1:: Aceites lubricantes usados en el Perú



Fuente: [12]

Los aceites minerales presentan dos sub categorías generales: monogrado y multigrado.

Imagen 2: Tipos de aceites lubricantes minerales para motor



Fuente: [12]

4.3.1. Aceite mineral monogrado

Los aceites monogrado se clasifican en SAE30, SAE 40 y SAE 50, dichos aceites protegen al motor a temperaturas como 30, 40 o 50 °C que mayormente son temperaturas de trabajo del motor; sin embargo, si el motor sobrecaliente, el aceite tenderá a adelgazarse tanto que dejará de evitar el rozamiento entre las superficies del motor y no lo protegerá del desgaste [12].

4.3.2. Aceite mineral multigrado

Según N. Bernal [12], Los aceites que están en el mercado a nivel nacional son de 5W-30, 5W20, 10W-30, 10W-40, 15W-40, 20W-50, 20W-60. A diferencia de los aceites monogrados, estos protegen al motor de forma eficiente en un rango de temperaturas.

4.4. Tipos de aceites lubricantes

Aceites parafínicos: Son hechos a base de hidrocarburos de cadena abierta y saturada poseen índices de viscosidad altos, su temperatura de ignición e inflamación muy elevada, estos aceites son apropiados para trabajar en motores de combustión internas cuando tienen que efectuar arranques fríos [11].

Aceites Nafténicos: Estos aceites tienen un índice de viscosidad bajo, se evaporan de una forma muy limpia de la superficie, producen cantidades pequeñas de carbón evitando el atascamiento de los anillos en el caso de los motores de combustión interna. Sus aplicaciones son muy escasas, debido a sus bajos puntos de congelación [11].

Aceites Aromáticos: los aceites aromáticos proceden de crudos asfálticos y tienen muy bajo índice de viscosidad normalmente no se utilizan en aceites para motores, sino para transmisión, en cajas de velocidad. Además, son muy susceptibles a la oxidación [11].

4.5. Composición de los aceites lubricantes

El tipo de aceite susceptible de ser regenerado comprende a los aceites lubricantes de los motores, de fluidos hidráulicos y de transmisión, aceites de corte, de transferencia de calor y los aceites dieléctricos provenientes de los transformadores y condensadores [13].

Tabla 1: Composición y propiedades de un aceite lubricante virgen y uno usado.

Propiedades físicas	Aceite lubricante	
	virgen	usado
Gravedad específica	0.882	0.910
Viscosidad dinámica en SUS a 100 °F		324
% volumen de sedimentos y agua	0	12.3
% en peso de residuos de carbono	0.82	3
% peso de cenizas	0.94	1.3
Punto de inflamación (°F)		348
Punto de Fluidez (°F)	-35	-35
Propiedades químicas		
Índice de saponificación	3.94	12.7
Índice de acidez (TAN)	2.2	4.4
Índice de basicidad (TBN)	4.7	1.7
% en peso de nitrógeno	0.05	0.08
% en peso de azufre	0.32	0.42
Plomo (ppm)	0	7535
Calcio (ppm)	1210	4468
Zinc (ppm)	1664	1097
Fósforo (ppm)	1397	931
Magnesio (ppm)	675	309
Bario (ppm)	37	297
Hierro (ppm)	3	205
Sodio (ppm)	4	118
Potasio (ppm)	<1	31
Cobre (ppm)	0	29

Fuente: [13]

4.6. El aceite lubricante usado:

De acuerdo a su origen: se considera un aceite lubricante usado a los que son refinados a partir de petróleo crudo o haber sido fabricado con materiales sintéticos, que han sido contaminados con impurezas físicas o químicas y que además perdieron sus propiedades luego de su uso respectivo [9].

De acuerdo a su uso: Se refiere a la forma como el aceite ha sido usado, entre ellos se consideran a los lubricantes, fluidos para la transferencia de calor, líquidos hidráulicos [9].

De acuerdo a sus contaminantes: Este criterio se trata de la contaminación del aceite por impurezas físicas o químicas.

4.7. Contaminantes de los aceites lubricantes usados

En un estudio realizado por la EPA acerca de las alternativas de reglamentación del aceite lubricante usado, se probó que más de 300 tipos de cáncer serían resultado de la absorción de Cromo y sus compuestos durante la quema que se realiza al usarlo como combustible sin previo tratamiento [14].

De acuerdo al Ministerio del Ambiente: 1 litro (Lt) de aceite puede llegar a contaminar un aproximado de 100,000 Lt de agua [15]. Los aceites usados contienen compuestos químicos tales como metales pesados, por ejemplo, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2: Contaminantes presentes en los aceites usados.

Contaminantes	Fuentes	Concentración
Ba	Aditivos detergentes	< 100 ppm.
Ca	Aditivos detergentes	1000-3000 ppm.
Pb	Gasolina con plomo/ desgaste en cojinetes	100-1000 ppm.
Mg	Aditivos detergentes/ cojinetes	100-500 ppm.
Zn	Antioxidantes / aditivos anti desgaste	500-1000 ppm.
P	Antioxidantes / aditivos anti desgaste	500-1000 ppm.
Fe	Cilindro, cigüeñal, agua, óxido	100-500 ppm.
Cr	Cilindro, cigüeñal, anillos, refrigerante	Trazas
Ni	Anillos, ejes	Trazas
Al	Émbolo, cojinetes, suciedad, aditivos	Trazas
Cu	Cojinetes, refrigerantes	Trazas
Sn	Desgaste en cojinetes	Trazas
Cl*	Aditivos / gasolina con plomo	300 ppm.
Si	Agentes des-espumantes / suciedad	50-100 ppm.
S	Aceite base/productos de combustión	0.2-1%
Wáter	Combustión	5-10%

Fuente: [9]

Tabla 3: Contaminantes presentes en los aceites usados.

Composición Media De Un Aceite Usado			
Contaminantes	Concentración (PPM)		
	Aceites de Automotor		Aceites de Procedencia Industrial
	M. Gasolina	M.Diesel	
Cadmio	1.7	1.1	6.1
Cromo	9.7	2.0	36.8
Plomo	2.2	29.0	217.7
Zin	951.0	332.0	373.3
Cloro total	3600.0	3600.0	6100
PCBs	20.7	20.7	957.2

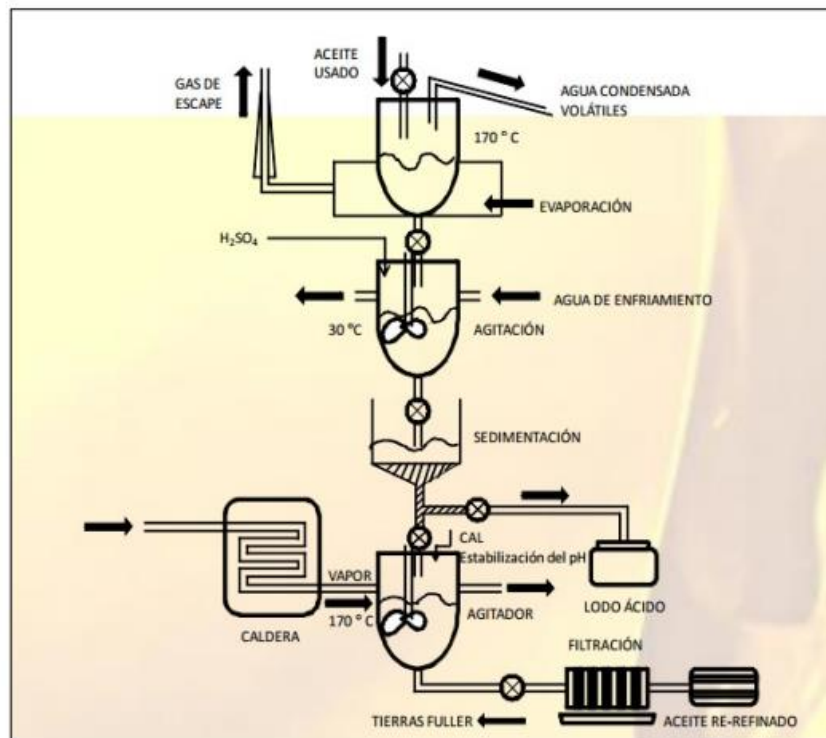
Fuente: [20]

4.8. Procesos de recuperación de aceites usados

4.8.1. Proceso de Ácido-Arcilla: Dicho proceso consiste en evaporar los productos ligeros que se encuentran en el aceite lubricante usado. El siguiente paso es se agrega ácido sulfúrico dando un rendimiento de un 85%, lo que queda es un desecho aceitoso ácido. Para mejorar su característica como el color y acidez, el producto es filtrado con arcilla y cal. Es proceso tiene un rendimiento global del 70% en peso de la carga de aceite [4].

Las desventajas de este proceso es la existencia de nuevos residuos de complicada gestión como: la generación de emisiones atmosféricas, arcillas contaminadas con impurezas [9].

Imagen 3: Proceso de ácido-arcilla



Fuente: [4]

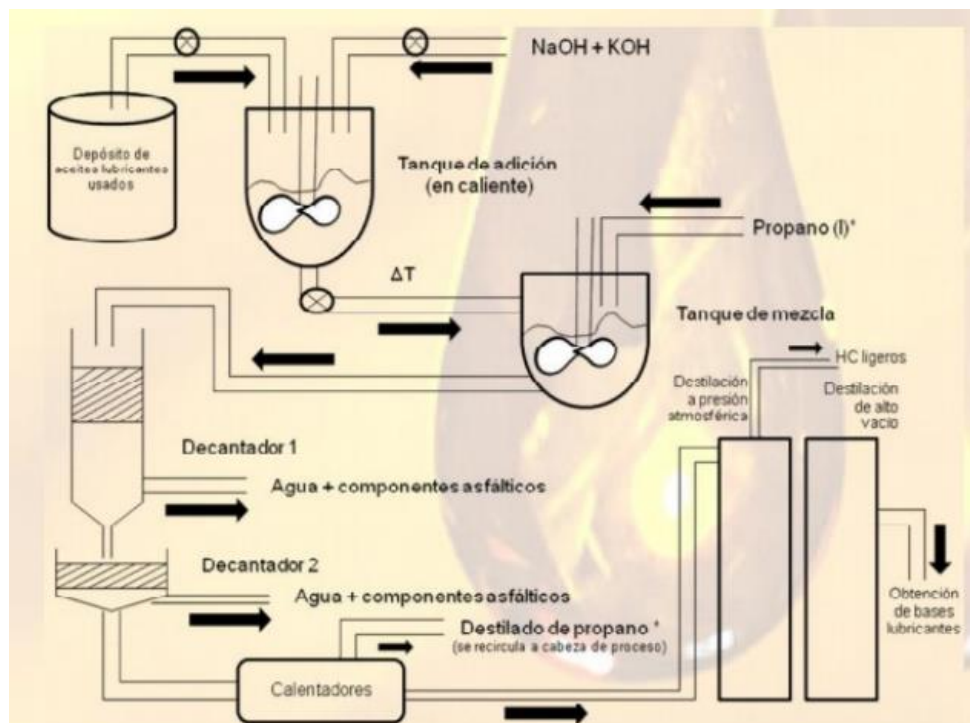
4.8.2. Procedimiento de extracción con propano

Este método se basa en la extracción con propano líquido de hidrocarburos, el cual cuenta con tres procesos:

- **Pre-tratamiento químico:** En este proceso se prepara el aceite usado para ser tratado en los siguientes procesos del sistema de regeneración, donde se agregan los reactivos y catalizadores como la potasa y la sosa.
- **Extracción con propano líquido y recuperación posterior al disolvente utilizado:** En este proceso el aceite que pasó por el proceso anterior se calienta a una temperatura requerida, para luego añadirle el propano líquido. Dichas bases de lubricantes son solubles en este disolvente de extracción [4].
- **Destilación atmosférica y a vacío:** El aceite libre de propano y con una temperatura deseable, se pasa al proceso donde se eliminan los hidrocarburos ligeros nafta que contaminado el aceite del cárter de los motores durante su funcionamiento. Se pasa a calentar a una temperatura de destilación para luego pasar por una columna donde se fraccionan a

alto vacío donde se obtiene unas bases lubricantes que no precisan de refino posterior [4].

Imagen 4: Proceso de extracción con propano.



Fuente: [4]

4.8.3.

Filtración micrónica

Los aceites industriales, usan estos procesos de filtración micrónicos, con equipos variables que permiten obtener controlar de mejor forma los contaminantes presentes en los residuos, garantizando obtener productos de excelente calidad [15].

Este proceso consiste en la separación de elementos sólidos, el aceite se hace pasar por un medio poroso, donde los elementos quedan atrapados en los filtros. Esto se hace con la finalidad de separar el aceite de elementos sólidos contaminantes. [16].

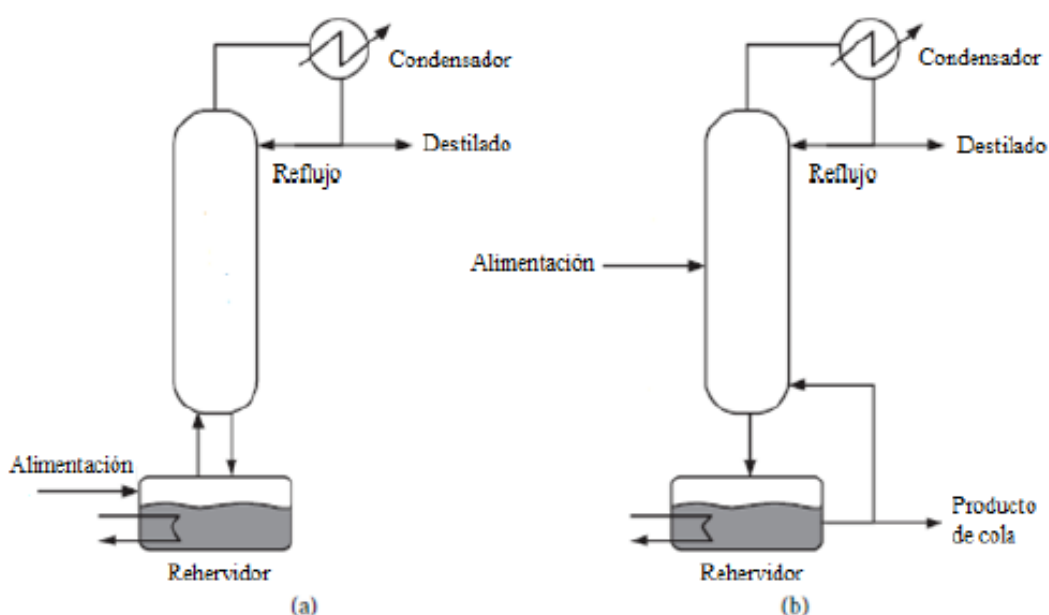
Según un proyecto realizado, que ha utilizado este proceso de separación se proponen recuperar 10 000 galones de aceite lubricante para volver usarlo, utilizando 30 000 galones de aceite lubricante usado. De la cantidad de aceite recuperado se logra incorporar al mercado 5 000 galones.

4.9. Tipos de Destilación

El proceso de destilación consiste en calentar un líquido hasta que los componentes más volátiles que lo conforman cambien de fase, a vapor. Para luego enfriar el vapor y recuperar esos componentes por medio de un proceso de condensación.

Por lo tanto, el objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles.

Imagen 5: Tipos de destilación.



(a) Destilación Batch y (b) Destilación Continua

4.9.1. Destilación Batch

Este tipo de destilación es muy flexible y versátil, porque utiliza una columna, o varias columnas. Estas características son importantes para tener una respuesta rápida y satisfacer la demanda del mercado que caracteriza el producto a destilar.

Casos de aplicación de la destilación batch:

- Procesos donde la composición del material a ser separado varía en intervalos amplios.

- Cuando el producto obtenido no es requerido de forma continua. Un ejemplo de este caso es en plantas de operación piloto.
- Cuando el material a ser separado es un producto que se encuentra en cantidades relativamente pequeñas y es necesario obtenerlo con una gran pureza.
- Casos donde el producto principal contiene pequeñas cantidades de impurezas ya sea ligeras o pesadas.

4.9.2. Destilación Continua

Llamada también fraccionada, este tipo de destilación consiste en una alimentación controlada y continua de la mezcla a separar. Cuando la mezcla está en la columna de destilación ocurre la separación de los componentes que conforma la mezcla. El componente más ligero abandona la columna por la parte superior y el otro componente se queda en el fondo de la columna.

En este caso los componentes del producto, es constante en toda la columna, es por ello que se utiliza una corriente llamado reflujo. Que sirve para aprovechar la obtención de nuevos productos destilados con características diferentes.

4.10. Destilación en Vacío

Es una forma de llevar a cabo una destilación a bajas presiones, incluso menor a la presión atmosférica.

Este tipo de destilación se utiliza para productos sensibles a altas temperaturas, con un alto grado de viscosidad. Si el grado de vacío es mayor la temperatura de destilación disminuirá.

Los equipos que conforman esta destilación al vacío es similar a una columna de destilación a presiones normales, con la única diferencia es que se tiene que conectar una bomba de vacío.

Los beneficios de utilizar la destilación en vacío, es que se tiene una menor degradación del producto a destilar, esto es porque se utilizan temperaturas menores y presiones muy bajas, lo cual ocasiona que la volatilidad aumente y que aumente la capacidad de separación de los componentes que conforman al producto. Otro beneficio es que se requiere menor cantidad de energía calórica para provocar la destilación y que el producto obtenido de la destilación son de alta pureza.

4.10.1. Elementos para generación del vacío

Para que el proceso de destilación se requieran equipos que crea este ambiente y opere en vacío, para ello se elige una bomba de vacío; este equipo se encarga de reducir la presión dentro del proceso.

La bomba de vacío hace que el proceso a una baja presión y la descarga en presión atmosférica. Entre todas las bombas, la que mayormente es utilizada son las bombas rotativas, porque su capacidad y facilidad de accionamiento son mejor que otro tipo de bombas.

V. METODOLOGÍA

5.1. Nivel de la Investigación

5.1.1. Según el objetivo

Será una investigación aplicada, debido que se utilizará conocimientos previos para solucionar el problema identificado.

5.1.2. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

El alcance de la investigación será descriptivo y explicativa porque se realizará la descripción del problema y, además, determinará las causa y consecuencias y así dar solución al problema.

5.1.3. Según el grado de manipulación de las variables

Será una investigación No experimental.

5.1.4. Según el tipo o naturaleza de los datos empleados

La investigación será cuantitativa, porque se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición.

5.2. Población y Muestra

La población que se tomará en cuenta para la recopilación de información está comprendida por los centros de servicio automotriz, el cual brinda el servicio de mantenimiento a los automóviles livianos en la ciudad de Chiclayo, el cual hay un total aproximado de 15 centros de servicio automotriz, el cual se muestran en la siguiente tabla 15.

5.2.1. Criterio de obtención de muestra

Este proyecto se centrará en los centros que brinden el servicio automotriz, especialmente a automóviles livianos (Automóvil, Station Wagon, camionetas: pick Up, rural) y, a través de un cuestionario se obtendrán los datos que requiere la investigación, como la cantidad de aceite lubricante multigrado usado que tienen almacenado, en este sentido.

5.3. Criterios de Selección

➤ **Delimitación Geográfica:** Para la obtención de la muestra se tomarán en cuenta los automóviles que hay en la región Lambayeque.

➤ **Delimitación del Contenido:**

Inclusión: Todos los automóviles livianos en la región Lambayeque, para ello; tomaremos la clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Automóvil, Station Wagon, camionetas: pick Up, rural, panel.

Exclusión: No se tomarán en cuenta los centros de servicio automotriz que brinden sus servicios a automóviles pesados como omnibus, camión, remolcadores.

5.4. Diseño Metodológico

Esta investigación es cuantitativa del tipo no experimental, porque se debe cuantificar de forma numérica algunas variables y obtener los datos veraces para dimensionar el diseño que se realizará. Además, será una investigación Documental, el cual consiste en la obtención de datos provenientes de documentos emitidos por el Ministerio de Transporte y comunicaciones, Instituto Nacional de Estadística e Informática, normas como: SAE J300, SAE 306c, ISO 14001, etc.

Además, por ser una investigación no experimental según la temporalización, se utilizará el método Transversal, porque el diseño de esta investigación se recolectarán datos de un determinado momento.

5.5. Variables Operacionales

Tabla 4: Variables operacionales

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño de un sistema de Regeneración para los aceites multigrado usados	Mal manejo de los residuos acumulados.	Cantidad de aceite lubricante usado de automóviles livianos que se almacenan en los centros de servicio automotriz.	Revisar documentación del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.	Procesar los datos encontrados, mediante el método de tendencias.
	Los residuos no tienen un fin adecuado, de acuerdo a las normas ambientales.			
VARIABLES DEPENDIENTE: Reutilizar el aceite lubricante multigrado regenerado. Reducir la contaminación del ambiente.	Reinsertar el aceite regenerado en el mercado Local.	El aceite regenerado tenga un precio menor y las mismas propiedades que los aceites nuevos.	Comparación de los costos de producción del aceite regenerado con el aceite nuevo.	Estudio en un laboratorio
Reutilizar el aceite lubricante multigrado regenerado.				
Reducir la contaminación del ambiente.	Rentabilidad.	Eficiencia Económica		
Centros de servicio de automóviles adquieran un plan de almacenamiento de estos residuos	Seleccionar mejor los residuos, según su tipo y utilización	Los aceites lubricantes multigrado usados no se mezclen y pierdan algunas de sus propiedades.	Análisis de las propiedades en un laboratorio.	

Fuente: Elaboración Propia.

5.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

5.6.1. Técnicas de recopilación de información.

Tabla 5: Técnicas de recopilación de información

Objetivo	Técnica	Instrumento	Fuente o Información
1. Determinar la cantidad de aceites lubricantes multigrado usados en automóviles livianos que se generan en la Región Lambayeque.	Análisis de Documentos	Cuadro de datos	Ministerio de Transporte y comunicaciones
2. Comparar las características físicas y químicas del aceite lubricante multigrado nuevo y aceite lubricante multigrado usado.	Análisis de Documentos	Interpretación de estudios realizados	Investigaciones relacionadas con el tema
3. Seleccionar el proceso de regeneración de aceite lubricante usado y diseñar los componentes que lo conforman.	Mediante dibujos de ingeniería se realizara el diseño y selección de quipos.	Se utilizará el software de diseño.	Libros, catálogos de equipos, investigaciones relacionadas con el tema.
4. Determinar los parámetros y seleccionar los equipos que se utilizarán para regenerar los aceites lubricantes usados.	Mediante Cálculos matemáticos, termodinámicos, etc.	Calculadora, laptop.	Catálogos de equipos que se utilizaran en el proceso.
5. Evaluar la viabilidad del proyecto.	Evaluación en base a indicadores como VAN, TIR.	Se utilizará el software (Excel)	Libros, Estudios relacionados con el tema de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

5.7. Plan de Viabilidad

Objetivo 1: En el primer objetivo de esta investigación es determinará la cantidad de aceites lubricantes usados en los diferentes lugares de atención automotriz. Para lleva a cabo este objetivo se realizará la obtención de datos a través de una encuesta que se aplicará en los lugares donde brinden el servicio de mantenimiento a vehículos.

Objetivo 2: Para desarrollar este objetivo e considerado dos formas:

La primera es se revisará una investigación realizada con el fin de seleccionar el aceite lubricante usado con mejores características, según el tipo de automóvil del que se extrajo, que tienen como fuente a U.S. EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), donde proporcionan una tabla con los niveles de contaminantes permisibles en Aceites Lubricantes Usados para su regeneración.

Otra forma sería llevar una muestra del aceite lubricante multigrado usado para realizar un examen en un laboratorio y saber con precisión su estado y las propiedades con las que se encuentra dicho residuo, estas pruebas se realizaran de acuerdo a la norma ASTM D129, la cual sirve para determinar la cantidad de azufre, aditivos y grasas en el aceite lubricante usado, la norma ASTM 808 para determinar la cantidad de cloro, la norma ASTM 811 para separar algunos metales como aluminio, silicio, estaño.

Objetivo 3: Para lograr el desarrollo de este objetivo se elegirá el método de regeneración de los aceites usados, luego se determinarán los parámetros de cada proceso que conforma el método de regeneración. Esto dependerá de los equipos a utilizar para así elegir el método de cálculo apropiado, como, por ejemplo, en intercambiadores de calor se utilizará los cálculos de termodinámicos y transferencia calor.

Objetivo 4: Este objetivo se realizará los cálculos realizados de acuerdo al proceso seleccionado en el objetivo 3, para seleccionar o diseñar los equipos de cada proceso, como, por ejemplo, intercambiadores de calor, capacidad de tanques de almacenamiento, bombas, compresores, etc. Luego se realizará un dibujo de

ingeniería mediante un software de diseño para esquematizar todo el proceso de regeneración.

Objetivo 5: Se detallará la inversión total requerida para poner en funcionamiento del proyecto, se calculará presupuestos e ingresos, costos, gastos, y se elaborará el estado de ganancias y pérdidas. Se realizará un flujo de caja para realizar una evaluación en base a indicadores como VAN y TIR.

VI. PARQUE DE AUTOMÓVILES LIVIANOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE

La cantidad de vehículos livianos en la región de Lambayeque se encuentra en la siguiente tabla, estos datos han sido adquiridos mediante la plataforma de estadísticas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, desde el año 2011 hasta el 2018.

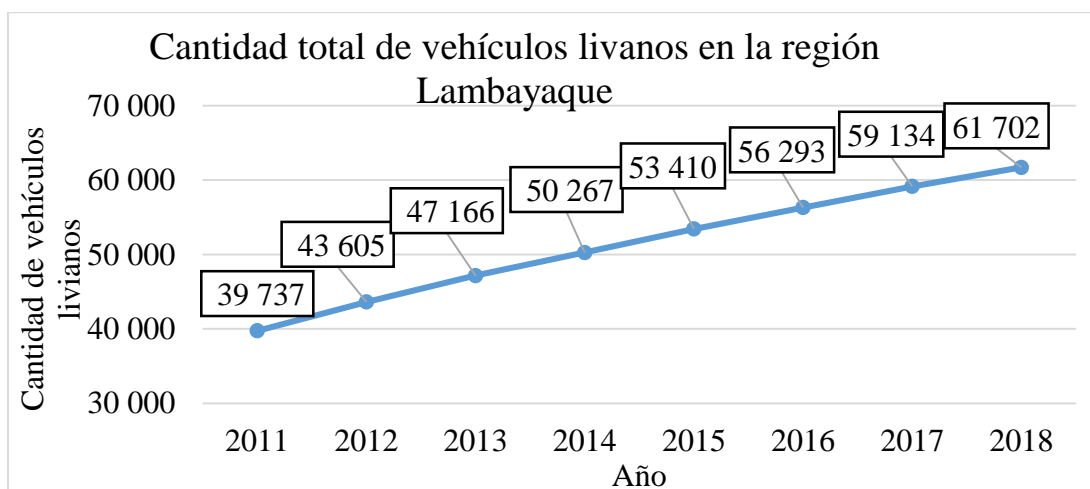
Tabla 6: Cantidad de vehículos livianos de la región Lambayeque.

AÑO	Departamento	CLASE DE VEHÍCULO				
		TOTAL	Automóvil	Station Wagon	Camionetas	
					Pick Up	Rural
2011	Lambayeque	38 686	19 726	5 070	7 669	6 221
2012	Lambayeque	42 552	21 980	5 073	8 164	7 335
2013	Lambayeque	46 117	24 520	4 984	8 511	8 102
2014	Lambayeque	49 229	26 777	4 883	8 774	8 795
2015	Lambayeque	52 372	28 868	5 396	8 992	9 116
2016	Lambayeque	55 259	30 741	5 908	9 192	9 418
2017	Lambayeque	58 084	32 076	6 862	9 399	9 747
2018	Lambayeque	60 658	33 522	7 455	9 669	10 012

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicación

En la siguiente gráfica podemos observar la cantidad de vehículos livianos que hay en la región de Lambayeque desde el año 2011 hasta el 2018 y se puede apreciar que esta cantidad está aumentando conforme pasan los años, de 39 737 vehículos livianos en el 2011 y 61 702 vehículos en el 2018.

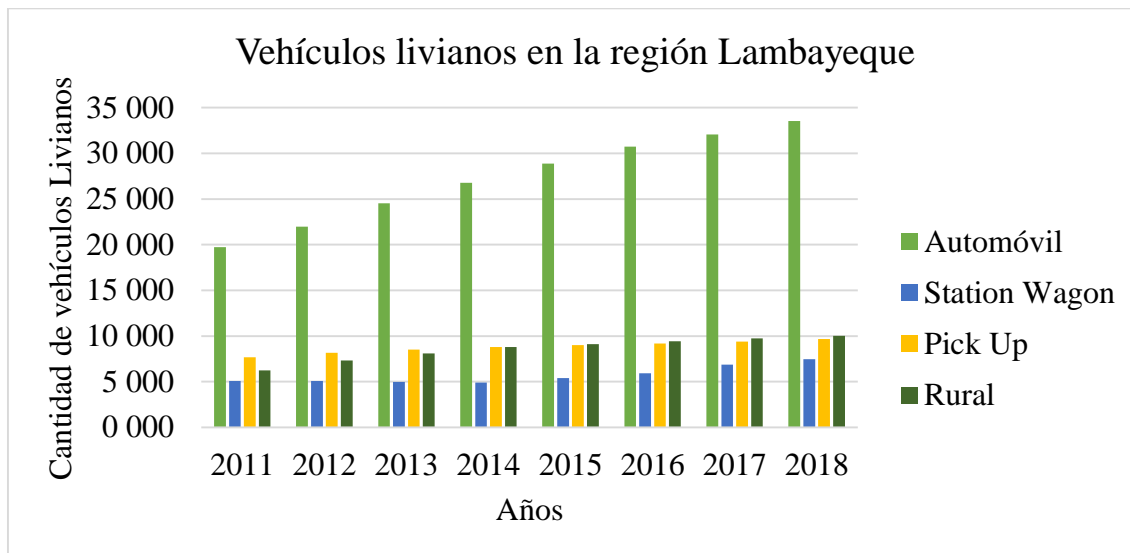
Gráfica 1: Cantidad total de vehículos livianos en la región de Lambayeque



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicación

En la siguiente gráfica se muestra la cantidad de vehículos livianos según su clasificación en Lambayeque, se puede observar que el automóvil del tipo panel y rural presentan casi el mismo crecimiento desde el 2011 hasta el 2017

Gráfica 2: Distribución de la cantidad de vehículos según su clasificación.



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicación

Elaboración propia

6.1. Proyección del Parque Automotor de la Región de Lambayeque

Para obtener la cantidad de aceites lubricante usado de vehículos livianos que se generarán en la región de Lambayeque desde el año 2020 hasta el 2025, se ha proyectado la cantidad de vehículos livianos, de acuerdo a su clasificación tenemos los automóviles, Station Wagon, Pick Up y Rural. Esto se realizó mediante la comparación de tendencias, donde se eligió la que muestra un mayor coeficiente de determinación R^2 .

En la siguiente tabla se muestra el tipo de tendencia apropiada según el tipo de automóvil. En el caso de los automóviles se ajusta a la tendencia lineal, Station Wago a una tendencia exponencial, Pick Up se ajusta mejor a la tendencia potencia y los vehículos Rurales tiene un ajuste mejor a la tendencia Logarítmica.

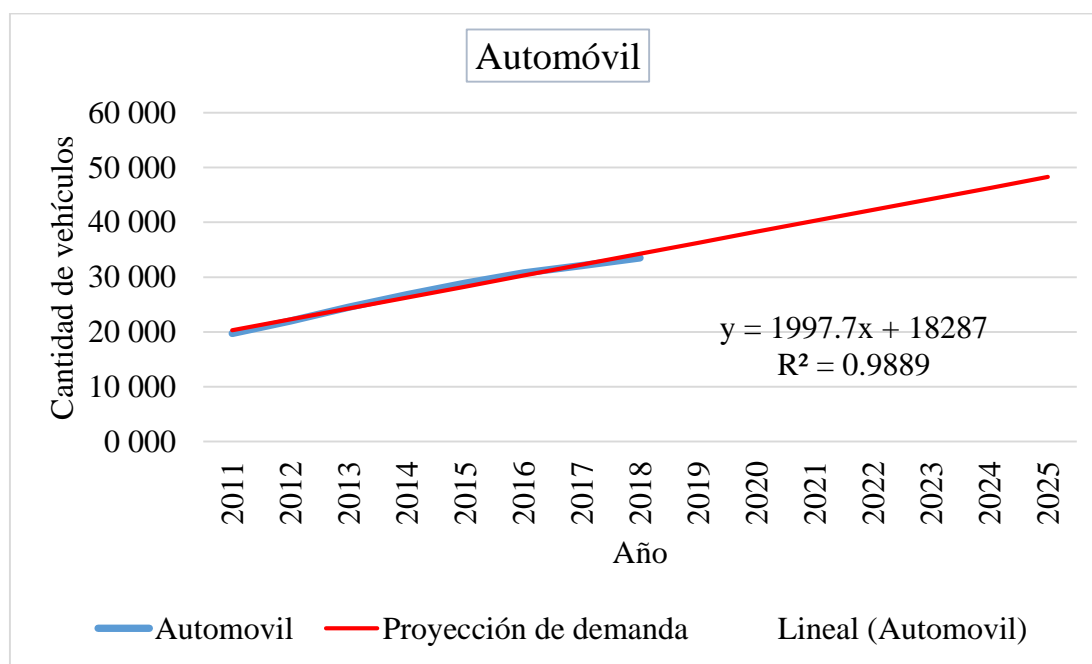
Tabla 7: Coeficiente de determinación R²

Tendencia	Automóvil	Station wagon	Pick Up	Rural
Exponencial (R ²)	0,9701	0,7721	0,9637	0,8902
Lineal (R ²)	0,9889	0,7619	0,9753	0,9277
Logarítmica (R ²)	0,9574	0,5104	0,9802	0,9975
Potencial (R ²)	0,9798	0,5214	0,9887	0,9965

Fuente: Elaboración propia

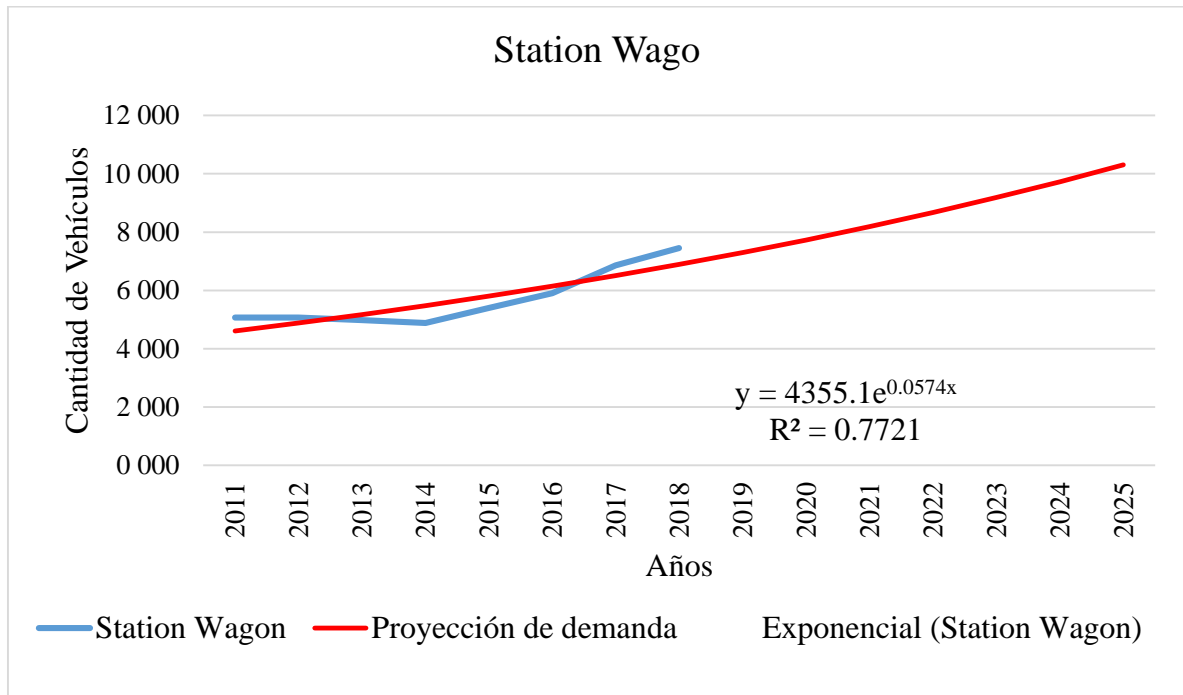
A continuación, se presentan las gráficas de cada tipo de vehículo liviano con su respectiva proyección que se ha realizado de acuerdo a la ecuación que se ha empleado para realizar dicha proyección.

Gráfica 3: Proyección del vehículo automóvil en la región Lambayeque.



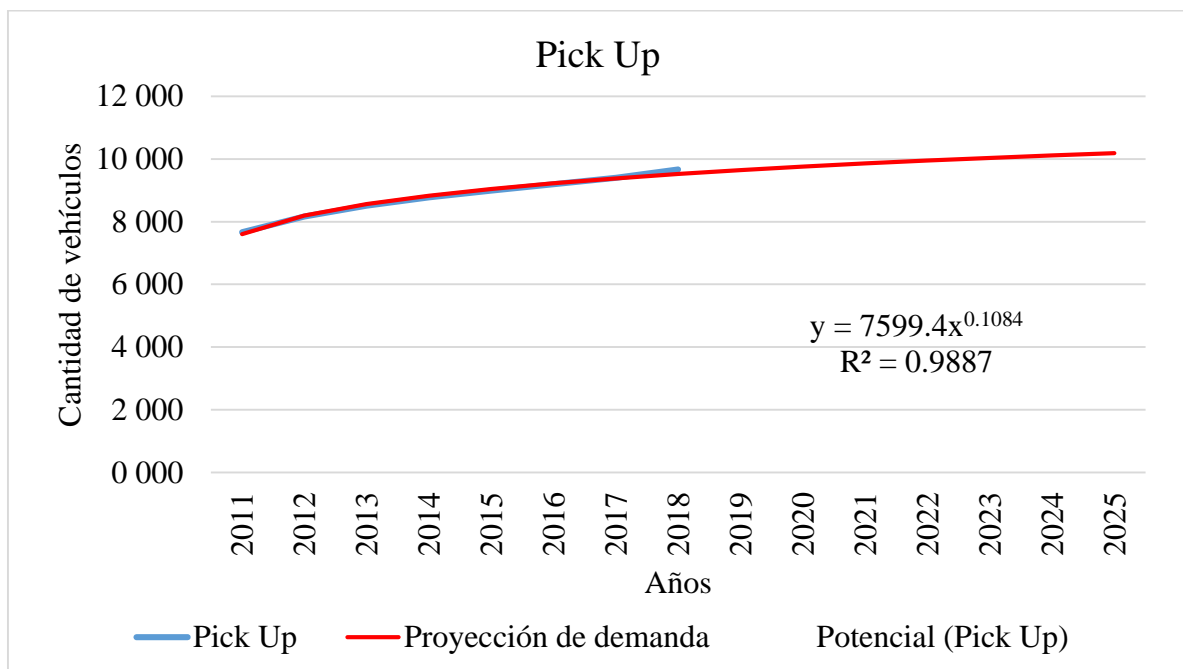
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4: Proyección del vehículo Station Wago en la región Lambayeque.



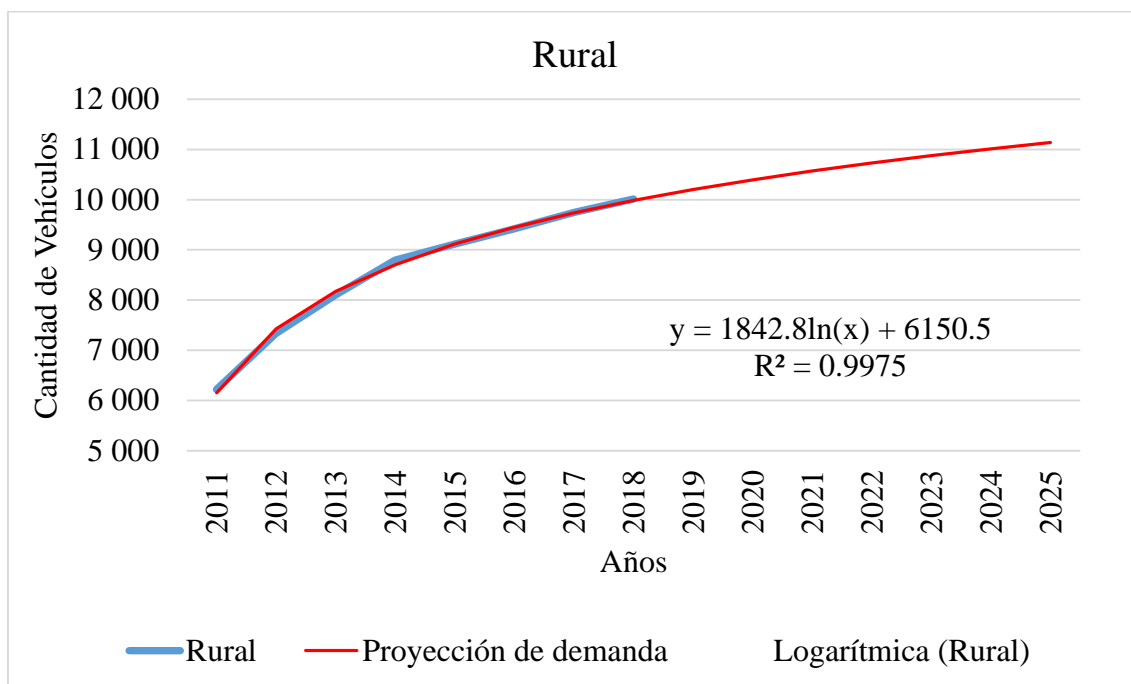
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5: Proyección del vehículo Pick Up en la región Lambayeque.



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5: Proyección del vehículo Rural en la región Lambayeque.



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar los cálculos de acuerdo a la ecuación en cada gráfica, donde la variable “x” representa el número de años y la variable “y” la cantidad de vehículos; se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8: Cantidad de vehículos livianos que se ha proyectado del 2020-2025.

Años	Automóvil	Station Wagon	Pick Up	Rural
2020	38264	7732	9754	10394
2021	40262	8189	9855	10569
2022	42259	8672	9949	10730
2023	44257	9185	10035	10877
2024	46255	9727	10116	11014
2025	48253	10302	10192	11141

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de aceite lubricante que usa un vehículo liviano según su tipo, se muestra en la siguiente tabla, donde se indica la cantidad en galones y en litros.

Tabla 9: Cantidad de aceite lubricante que lleva cada automóvil.

Tipo de vehículo	Cantidad de aceite en Galones	Cantidad de aceite en Litros
Automóvil	1	3,8
Station Wagon	1	3,8
Pick Up	2	7,6
Rural	2	7,6

Fuente: Elaboración propia

VII. CANTIDAD DE ACEITE LUBRICANTE USADO SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO LIVIANO

Según un estudio realizado en el 2017 en Lima por N. Bernal [12], luego de realizar encuestas, se logró recolectar información acerca de cuántos kilómetros recorría diariamente un vehículo, cada qué tiempo según los kilómetros recorridos hacían el cambio de aceite, con el fin de saber cuántos litros de aceite usado se generaban al año.

Luego de procesar la información recolectada por las encuestas, dieron como resultado que los automóviles realizan 10 cambios de aceite al año, debido a que son utilizados mayormente para realizar el servicio de taxi y 2 veces por año para los vehículos Station Wagon, Pick Up y Rural, debido a que son utilizados de forma particular, por la ciudadanía. Debido a la coyuntura que se está viviendo en estos momentos se ha decidido tomar base dicho estudio, para obtener la cantidad de aceite lubricante usado que se genera en la ciudad de Lambayeque.

Tabla 10: Cantidad anual de aceite lubricante usado en automóviles.

Años	Cantidad de Automóvil	Cantidad de cambios de Aceite por año (Litros)	Litros por cada cambio de aceite (Litros)	Cantidad de aceite lubricante usado anual (litros)
2020	38 264	10	7,6	2 908 064
2021	40 262			3 059 889
2022	42 259			3 211 714
2023	44 257			3 363 540
2024	46 255			3 515 365
2025	48 253			3 667 190
TOTAL (litros)				19 725 762

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Cantidad anual de aceite lubricante usado en Station Wagon.

Años	Station Wagon	Cantidad de cambios de Aceite por año	Litros por cada cambio de aceite	Cantidad de aceite lubricante usado anual
2020	7 732	2	3,8	58 762
2021	8 189			62 234
2022	8 672			65 910
2023	9 185			69 804
2024	9 727			73 928
2025	10 302			78 296

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Cantidad anual de aceite lubricante usado en Pick Up.

Años	Station Wagon	Cantidad de cambios de Aceite por año	Litros por cada cambio de aceite	Cantidad de aceite lubricante usado anual
2020	7 732	2	3,8	58 762
2021	8 189			62 234
2022	8 672			65 910
2023	9 185			69 804
2024	9 727			73 928
2025	10 302			78 296
TOTAL (litros)				408 935

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Cantidad anual de aceite lubricante usado en el tipo de vehículo Rural.

Años	PickUp	Cantidad de cambios de Aceite por año	Litros por cada cambio de aceite	Cantidad de aceite lubricante usado anual
2020	9 754	2	3,8	74 130
2021	9 855			74 900
2022	9 949			75 609
2023	10 035			76 268
2024	10 116			76 884
2025	10 192			77 461
TOTAL (litros)				455 251

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra el resumen de cantidad de aceite lubricante de autom3viles livianos, desde el 2020 hasta el 2025 y se puede apreciar que en el a3o 2020 hay 3 119 947 litros o un aproximado de 821 039 galones; en el a3o 2021 habr3a 3 277 350 litros de aceite lubricante usado que es 862 460 galones; en el a3o 2022 se generar3n 3 434 780 litros aceite lubricante usado o 903 889 galones; en el a3o 2023 se generar3n 3 592 279 litros aceite lubricante usado o 945 337 galones; en el a3o 2024 se generar3n 3 749 881 litros aceite lubricante usado o 986 811 galones; en el a3o 2025 se generar3n 3 907 617 litros aceite lubricante usado o 1 028 320 galones.

Tabla 14: Cantidad anual de aceite lubricante usado.

A3os	Autom3vil	Station Wagon	Pick Up	Rural	TOTAL LITROS POR A3O	TOTAL EN GALONES POR A3O
2020	2 908 064	58 762	74 129	78 992	3 119 947	821 039
2021	3 059 889	62 234	74 899	80 326	3 277 350	862 460
2022	3 211 714	65 910	75 609	81 545	3 434 780	903 889
2023	3 363 539	69 804	76 268	82 666	3 592 279	945 337
2024	3 515 364	73 928	76 883	83 704	3 749 881	986 811
2025	3 667 190	78 296	77 460	84 670	3 907 617	1 028 320

Fuente: Elaboraci3n propia

VIII. SELECCIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE USADO DE VEHÍCULOS LIVIANOS

Según un estudio realizado en España por parte de la empresa SIGAUS obtuvieron una tabla donde comparan las propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes usados y los aceites lubricante virgen. A continuación, se presenta la siguiente tabla con la comparación correspondiente.

Tabla 15: Propiedades del aceite lubricado virgen y aceite lubricante usado

PROPIEDADES	ACEITE LUBRICANTE VIRGEN	ACEITE LUBRICANTE USADO
Propiedades Físicas		
Gravedad específica	0,882	0,910
Viscosidad dinámica en SUS a 100 °F	--	324
% en volumen de sedimentos y agua	0	12,3
% en peso de residuos de carbono	0,82	3
% en peso de cenizas	0,94	1,3
Punto de inflamación (°F)	--	348
Punto de fluidez (°F)	-35	-35
Propiedades químicas		
Índice de saponificación	3,94	12,7
Índice de acidez (TAN)	2,20	4,40
Índice de basicidad (TBN)	4,7	1,70
% en peso de nitrógeno	0,05	0,08
% en peso de azufre	0,32	0,42
Plomo en ppm	0	7,535
Calcio en ppm	1,210	4,468
Zinc en ppm	1,664	1,097
Fósforo en ppm	1,397	931
Magnesio en ppm	675	309
Bario en ppm	37	297
Hierro en ppm	3	205
Sodio en ppm	4	118
Potasio en ppm	<1	31
Cobre en ppm	0	29

A continuación, se tiene algunos conceptos de las características de los aceites lubricantes usados, que hacen que pierdan sus propiedades como lubricantes nuevos.

TAN: proporción de hidróxido de potasio en mg que es necesario para neutralizar los ácidos en un gramo de aceite. Es una medida de calidad importante de petróleo crudo.

TBN: Proporción de la reserva alcalina del lubricante, se mide en mg de hidróxido de potasio por gramo (mg KOH/g).

Agua: proviene de las fugas en los sistemas de enfriamiento, el agua provoca la emulsión del aceite.

Partículas: Son las tierras y partes metálicas que están presentes en el aceite usado debido al desgaste de las piezas.

Plomo: Este elemento está presente en los aceites usados debido al combustible que proviene de la pérdida del tetraetilo de plomo de las naftas.

Azufre: El azufre que está presente en el petróleo favorece a la formación de ácidos, perjudicando el rendimiento del aceite.

8.1. Características que deben presentar los aceites lubricantes usados según EPA

Para que los aceites lubricantes usados de vehículos livianos puedan ser regenerados tienen que cumplir con uno niveles de contaminantes permisibles en dichos residuos. Para ello se tiene que hacer pruebas para saber en qué estado se encuentran y en que composición se encuentran.

Para ello, Según la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (EPA), nos muestra las características que deben tener los aceites lubricantes usados recolectados para así ser seleccionados y poder realizar el proceso de regeneración.

Tabla 16: Niveles de concentración máxima permisible de los contaminantes presentes en los residuos de aceites usados según EPA.

contaminante	Concentración máxima permisible (mg/Kg-ppm)
Bifelinos policlorinados (PCB'S)	50
Halógenos orgánicos totales	1000
Arsénico	5
Cadmio	2
Cromo	10
Plomo	100
Azufre	1,7% en peso

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (EPA)

Elaboración Propia

Los aceites lubricantes usados que se almacenen, luego que se realicen las pruebas correspondientes, tienen que cumplir con dichos niveles.

Estas pruebas se realizarán del aceite lubricado almacenado para después ser analizadas en un laboratorio, dichas pruebas se realizarán con la condición que tienen que cumplir con las características establecidas por las normas y métodos ASTM. A continuación, se presentarán dichos métodos con los cuales se realizarán las pruebas.

8.2. Concentración de azufre según la norma ASTM D 129

Según esta norma, dicha prueba se utiliza para determinar la cantidad de azufre presentes en los residuos de aceites lubricantes usados. Esta muestra se oxidará en una bomba que contiene oxígeno bajo presión. Se emplearán algunos equipos como; agua pura, agua saturada de bromo, ácido clorhídrico, etc.

8.3. Concentración de cloro según la norma ASTM D 808

La norma nos indica que la cantidad de cloro presentes pueden aprovecharse para prever las características de rendimiento o el grado de manipulación del producto.

Cuando termine la prueba, los análisis registrados tienen que cumplir con las siguientes características.

Tabla 17: Características a cumplir por la norma ASTM D 808

Porcentaje de Cloro	Repetitividad	Reproducibilidad
0.1 – 1,9	0.007	0.1
2 - 5	0.15	0.3
Mayor 5	3%	5%

Fuente: Elaboración propia

8.4. Análisis para metales presentes en los lubricantes usados, según la norma ASTM 811

Este método nos indica el método para separar el Bario, calcio, magnesio, zinc, silicio. La ceniza de sulfato se disuelve con ácido clorhídrico y los metales individuales determinando por el método húmedo.

Para determinar si los aceites lubricantes usados están en condiciones de ser regenerados, es decir, cumplen con los contaminantes permisibles dictados por EPA para que dichos residuos puedan ser regenerados, se tienen que realizar las pruebas mediante la norma

ASTM para luego comparar los resultados con la tabla 15 y así seleccionar de manera correcta y obtener productos con propiedades adecuadas.

IX. SELECCIÓN DEL PROSESO QUE SE UTILIZARÁ PARA LA REGENERACIÓN DE ACEITE LUBRICANTE DE AUTOMÓVILES LIVIANOS USADOS

9.1. Ventajas y desventajas de los tipos procesos de regeneración

Se puede observar en la siguiente tabla la comparación de los diferentes procesos que son más utilizados a nivel mundial. Se puede concluir que todos tienen un sistema de regeneración distinto, pero con el mismo objetivo que es obtener un aceite lubricante base. Lo que diferencia a cada proceso vienen a ser las consecuencias que trae el proceso de recuperación de los aceites usados, ya que con dichos procesos se logra es quitar el 70 % de contaminantes aproximadamente a causa del aceite usado, por otro lado, el otro 30% aproximadamente se convierte en residuos sólidos que contaminan el agua, suelo y aire.

Tabla 18: Proceso de regeneración de los aceites lubricantes usados.

Proceso	Ventajas	Desventajas
<p>Acido- Arcilla: Recuperación de aceite lubricante a partir de la aplicación de ácido sulfúrico y arcillas absorbentes.</p>	<p>La arcilla elimina la etapa de destilación</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de control en el rango de viscosidad. * Aparición de lodo ácido por el tratamiento con ácido sulfúrico. * Arcillas contaminadas con impurezas. * Generación de emisiones atmosféricas por la presencia de ácido sulfúrico. * Problemas de separación si son aceites pesados
<p>Re-refinado de aceite</p> <p>Consiste en desarrollar el mismo proceso de refinado de aceite, consta de 4 fases.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Pretratamiento * Limpieza * Fraccionamiento * Acabado. 	<ul style="list-style-type: none"> * Pose características de los aceites originales usados en la formulación de lubricantes. * El resultado es de un 70 a 80% del aceite básico original. 	<ul style="list-style-type: none"> * Restos de arcillas y filtros contaminados * Obtención de agua residual.

<p>Extracción por propano Consiste en la recuperación de aceite base a partir de aceite lubricante usado, mediante el empleo de extracción por propano líquido y un proceso de destilación</p>	<p>*Logra bases regeneradas de alta calidad similar a la del primer refinó. *No requiere de hidrotratamiento. Solución viable para la implementación de planta de baja capacidad.</p>	<p>Plan de manejo para aguas residuales resultantes de la destilación.</p>
---	--	--

9.2. Criterio de selección del proceso a utilizar

Para seleccionar el proceso de regeneración a emplear se realizará una matriz de decisiones donde se tomarán en cuenta las ventajas y desventajas de la tabla 19, para así calificar algunos aspectos que se muestran a continuación.

Tabla 19: Aspectos o características a evaluar de cada proceso.

ASPECTOS O CARACTERÍSTICAS A EVALUAR
La calidad del aceite regenerado
El grado de contaminación que se generará
La obtención de residuos
La parte económica

Fuente: Elaboración propia

El aspecto de la calidad del aceite regenerado tiene que ver con las propiedades tanto físicas como químicas del producto final, lo cual se requiere que sean iguales a la de un aceite virgen.

Sobre el grado de contaminación que se generará, se refiere a la contaminación que produce cada parte del proceso de regeneración para llegar a obtener una base lubricante apta para ser reutilizada, lo que se quiere es que la contaminación generada sea mínima y si se produce, esta contaminación pueda ser mitigada.

En el caso de la obtención de residuos, está comprendido por los desechos que genera el proceso de regeneración, estos pueden ser agua, arcillas, etc.

Por último, lo que se requiere es que el proceso pueda ser viable sin descuidar los demás aspectos anteriores.

A continuación, se muestra una tabla 21 con la puntuación que se le asignará a cada aspecto de la tabla anterior, la puntuación cambiará según el proceso debido a las ventajas y desventajas ya presentadas en la tabla 19.

Tabla 20: Valoración de los aspectos a evaluar.

PUNTUACIÓN	ASPECTOS A EVALUAR DE CADA PROCESO
10	Excelente
5	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	No recomendado

Fuente: Elaboración propia

Ahora que se tiene la puntuación de los aspectos a evaluar de cada proceso de regeneración se procede a realizar una matriz de evaluación para seleccionar el proceso que más conviene desarrollar en esta investigación.

Tabla 21: Matriz de evaluación o decisión.

ITEM	PROCESO	ASPECTOS A EVALUAR				TOTAL
		La calidad del aceite regenerado	El grado de contaminación que se generará	La obtención de residuos	La parte económica	
1	Acido- Arcilla:	5	2	2	2	11
2	Re-refinado de aceite	10	3	2	3	18
3	Extracción por propano	5	2	3	2	10

Fuente: Elaboración propia

9.3. Selección del proceso de regeneración de aceite lubricantes usados a utilizar

El apartado 9.2 se realizaron los criterios de selección del proceso a ejecutar en este estudio y a través de una matriz de decisiones el proceso que obtuvo más puntaje con 18 puntos superando a los otros dos métodos, es el proceso de Re-refinación.

Este proceso es seleccionado porque el aceite regenerado posee características de los aceites originales usados en la formulación de lubricantes y el resultado es de un 70 a 80% del aceite básico original. Además, los residuos que se generan como agua y algunas arcillas, pueden ser tratados posteriormente.

X. PROCESO DE REGENERACIÓN RE-REFINACIÓN

Antes de que los aceites recolectados sean llevados al tanque de almacenamiento estos deben pasar por un estudio donde se determine que, si está apto o no para realizar el tratamiento de regeneración, deben de cumplir con la concentración máxima permisible dispuesto por la EPA y luego pasar el proceso de Re-refinación de aceite lubricante usado.

A continuación, se presenta las etapas de regeneración:

10.1. Recepción y Pretratamiento previo del aceite lubricante usado.

El proceso se inicia con la recepción del aceite usado, después, se deposita en tanques, luego se lleva a las tolvas de decantación y se agrega flocculantes que, y se eleva la temperatura a 50 °C. El proceso de decantación este bien realizada requiere 48 horas donde se separará el agua y lodos que tienen los aceites y luego pasar a la siguiente etapa.

10.2. Destilación y separación de los productos

Este proceso consiste en pasar el aceite del tanque de almacenamiento a la columna de destilación, se destilará a dos temperaturas se generan distintos productos. El aceite usado es circulado por una caldera para así aumentar su temperatura gradualmente, hay que mencionar que esta etapa se realiza a presión atmosférica hasta alcanzar una temperatura de 200 °C, luego lo que no se ha destilado es conectado a una bomba de vacío que reducirá la presión interna del circuito de 760 mm Hg hasta 70 mm de Hg. Con esto se consigue

hacer la destilación, pero a una menor temperatura; esto se realiza para que el aceite no se craquee debido a la elevada temperatura.

El resultado de la destilación en vacío es un aceite que tiene las mismas características que los aceites originales que se utilizan en la formulación de lubricantes, pero estos aceites aún tienen pequeñas trazas y aditivos.

10.3. ACABADO

El aceite que proviene de la etapa de destilación pasa a un tanque de almacenamiento donde se agregará ácido sulfúrico, cal y arcillas para recuperar el color de un aceite nuevo y, además, eliminar impurezas existentes. Después de estar almacenado con esos productos durante un determinado tiempo, el aceite pasa por un filtro prensa que es un sistema de filtros de telas que retienen las impurezas junto a la cal arcilla.

Por último, se agrega estabilizantes que son algunos productos químicos para evitar la oxidación del aceite, y así obtener un aceite con características óptimas para que vuelvan reutilizarse.

EL PLANO DEL PROCESO DE REGENERACIÓN SE ENCUENTRA EN EL ANEXO 01.

XI. CÁLCULO DE PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

11.1 Diseño del depósito de almacenamiento de aceite lubricante usado

Estos depósitos se recopilarán los aceites provenientes de los diferentes centros de acopio de los lubriccentros de aceites lubricante usados de automóviles livianos. la cantidad de aceite lubricante usado se muestra en la siguiente tabla:

Se decidió trabajar con el 30% de la demanda total por año debido a que no se puede abarcar toda la demanda de la región y no se podrá recolectar todos los aceites usados de cada vehículo liviano que hay en la región Lambayeque.

Tabla 22: Demanda promedio por año con lo que el proyecto se diseñará

30% de la demanda promedio por año		
PROMEDIO DE ACEITE LUBRICANTE USADO	LITROS	GALONES
PROMEDIO DE ACEITE LUBRICANTE USADO POR AÑO	1 054 093	277 392,82
PROMEDIO DE ACEITE LUBRICANTE USADO POR MES	87 841,061	23 116,068
PROMEDIO DE ACEITE LUBRICANTE USADO POR DIARIO	2 928,03538	770,535628
PROMEDIO DE ACEITE LUBRICANTE USADO PORPOR HORA	122,0014745	32,1056512

Fuente: Elaboración propia

Propiedades del aceite lubricante usado

Calor específico: 1880 J/Kg °c

Densidad: 910 Kg/m³

Volumen de aceite a procesar por hora

$$V_{au} = 122 \text{ litros/hora} = 2,928 \text{ m}^3$$

Volumen del aire

$$V_a = 0,25 * V_{au}$$

$$V_a = 0,732 \text{ m}^3$$

Volumen aceite total

$$VAT = V_{au} + V_a$$

$$VAT = 3,66 \text{ m}^3$$

DIMENSIONES DEL DEPÓSITO

Volumen aceite total mínimo (5 VECES EL VOLUMEN DE ACEITE TOTAL)

$$VATM = 18,3 \text{ m}^3$$

Volumen del depósito cilíndrico

$$VDC = VATM * 1,2$$

$$VDC = 21,96 \text{ m}^3$$

altura del aceite lubricante en el depósito cilíndrico H'

$$V_{\text{liquido cilindro}} = VATM$$

$$V_{\text{liquido cilindro}} = 18,3 \text{ m}^3$$

$$\text{SE ASUME QUE: } D'/A' = 1$$

$D'=A'$ D': diámetro del líquido del cilindro

A': altura del líquido del cilindro

$$V_{\text{liquido cilindro}} = VATM$$

$$(\pi/4) * (D')^2 * A' = VATM$$

$$(\pi/4) * (A')^2 * A' = VATM$$

$$(\pi/4) * (A')^3 = 18,3 \text{ m}^3$$

$$A' = 2,856189837 \text{ m}$$

Diámetro total del depósito cilíndrico D

$$A = 1,12 * A'$$

$$A = 3,198932617 \text{ m}$$

$$D = A'$$

$$D = 2,856189837 \text{ m}$$

Altura total del depósito cilíndrico (H)

VDC= VOLUMEN

$$21,96 = \text{VOLUMEN}$$

$$21,96 = (\pi/4) * (D)^2 * H$$

$$H = 3,427427804 \text{ m}$$

POR LO TANTO:

- VOLUMEN DEL DEPÓSITO CILINDRICO= 21,96 m³
- DIÁMETRO DEL DEPÓSITO CILINDRICO= 2,856189837 m.
- ALTURA DEL DEPÓSITO CILINDRICO= 3,427427804 m

11.2. Diseño del depósito de floculantes:

El proceso de floculación tiene como finalidad desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de floculantes. El floculante neutraliza las cargas electrostáticas de los compuestos en disolución, minimizando la fuerza de repulsión entre ellos.

Según ensayos realizados para proyectos similares se obtuvieron los siguientes resultados de absorción según el floculante que se está utilizando.

Tabla 23: Tipo de floculante con el porcentaje de absorción

	Floculante 1	Floculante 2	Floculante 3
Absorbancia	1,564	0,433	0,25

En la tabla 24 se puede observar que después de realizar ensayos en tres vasos de precipitado donde se añadieron floculante, se dedujo que el floculante 3 y que el reactivo más adecuado es de tipo catiónico (Cyanamid Superfloc C 110).

11.3. Diseño del tanque de decantación y sistema de agitación

Tanque de Decantación:

Propiedades del aceite lubricante usado

Calor específico= 1880 J/Kg °c

Densidad = 910 Kg/m³

Volumen de aceite a procesar por hora

V_{au} = 122 litros/hora= **2,928 m³**

Volumen del aire

V_a= 0,25*V_{au}

V_a= 0,732 m³

Volumen de floculante

Q = V/t = 30 L/h

V_F= 720 L

V_F= 0,72 m³

Volumen aceite total

V_{AT}= V_{au} + V_a+V_F

$$VAT= 4,38\text{m}^3$$

DIMENSIONES DEL DEPÓSITO

Volumen aceite total mínimo (5 VECES EL VOLUMEN DE ACEITE TOTAL)

$$VATM= 21,9 \text{ m}^3$$

Volumen del depósito cilíndrico

$$VDC= VATM * 1,2$$

$$VDC= 26,28 \text{ m}^3$$

altura del aceite lubricante en el depósito cilíndrico H'

$$V_{\text{líquido cilindro}} = VATM$$

$$V_{\text{líquido cilindro}} = 21,9 \text{ m}^3$$

SE ASUME QUE: $D'/A' = 1$

$D'=A'$ D': diámetro del líquido del cilindro

A': altura del líquido del cilindro

$$V_{\text{líquido cilindro}} = VATM$$

$$(\pi/4) * (D')^2 * A' = VATM$$

$$(\pi/4) * (A')^2 * A' = VATM$$

$$(\pi/4) * (A')^3 = 21,9 \text{ m}^3$$

$$A' = 3,032387826\text{m}$$

Diámetro total del depósito cilíndrico D

$$A = 1,12 * A'$$

$$A= 3,396274366 \text{ m}$$

$$D= A'$$

$$D= 3,032387826 \text{ m}$$

Altura total del depósito cilíndrico (H)

VDC= VOLUMEN

$$26,28 = \text{VOLUMEN}$$

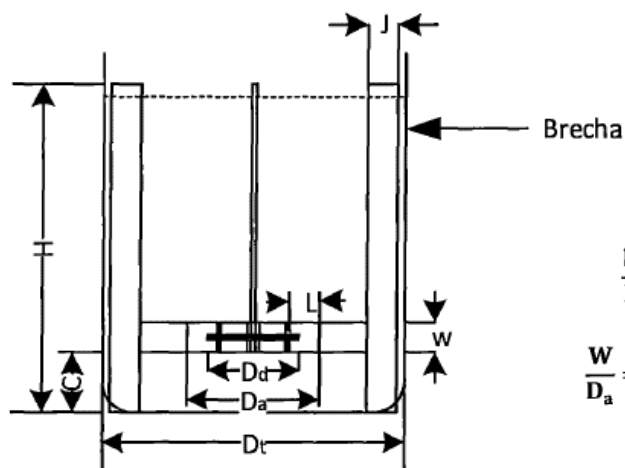
$$26,28 = (\pi/4) * (D)^2 * H$$

$$H= 3,638865392 \text{ m}$$

POR LO TANTO:

- VOLUMEN DEL DEPÓSITO CILÍNDRICO= 26,28 m³
- DIÁMETRO DEL DEPÓSITO CILÍNDRICO= 3,032387826 m
- ALTURA DEL DEPÓSITO CILÍNDRICO= 3,638865392 m.

Sistema de agitación:



$$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ a } 0.5, \quad \frac{H}{D_t} = 1, \quad \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}, \quad \frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}, \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}, \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$C=(1/3) D \quad 1,010795942 \text{ m}$$

$$D_a= (0,5) D \quad 1,516193913 \text{ m}$$

$$W=(1/5) Da \quad 0,303238783 \quad m$$

$$Dd=(2/3) Da \quad 1,010795942 \quad m$$

$$L=(1/4) Da \quad 0,379048478 \quad m$$

$$J=(1/12) Dt \quad 0,126349493 \quad m$$

Sistema de agitación con impulsor de hélice con 4 palas.

Calculo de potencia

NRe: Número de Reynolds

P: Densidad del aceite usado

N: Revoluciones por segundo

u: viscosidad del fluido kg/s

Da: Diámetro del agitador

$$RE= (Da^2 * N * p) / u$$

$$N= (Re * u) / (p * Da^2)$$

$$N= 2,253402066$$

Kt: flujo turbulento $Kt= 0,87$

$$P= Kt * N^3 * Da^5 * p W$$

$$P= 72585,59709 \quad W$$

$$P= \mathbf{96,1782076 \quad HP}$$

11.4. Diseño de la columna de destilación batch en vacío

11.4.1. Balance de masas

El sistema se alimenta de 2 m³ por día, donde el residuo a procesar es una mezcla que contiene 85 % de aceite lubricante usado y 15% de agua. Esta mezcla se va a someter a un proceso de destilación batch realizado en vacío, el cual utilizará un relleno estructural con el objetivo de eliminar algunas impurezas presentes en la mezcla. El diseño de la columna de destilación se hará teniendo presente que el flujo está compuesto por agua y aceite lubricante usado.

Tabla 24: Propiedades del aceite lubricante usado.

Densidad	910 kg/m ³
Calor específico	1880 J/Kg °C
Punto de ebullición	476, 1 °C
Masa molecular	470,6 g/mol
Presión de Vapor	Pa a °C
Constante de Atoine	300

Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar los cálculos, se elegirá el tipo de columna de destilación con reflujo constante, teniendo en cuenta una composición media de destilado de 99.9%. Así, luego de un intervalo de tiempo dt la composición la composición del producto que sale por la parte superior de la columna (destilado) respecto al componente más volátil variará de x_R a $x_R + D_R$ donde D_{x_R} tiene un valor negativo para el componente más volátil debido a la disminución de este compuesto a medida que pasa el tiempo. El producto que se obtendrá, en dt será dR y el balance de materia para el componente más volátil será:

$$X_R dR = -d(Hx_H)$$

X_N representa al componente más volátil que se encontrará en el fondo de la columna.

Teniendo en cuenta que estos balances de materia están relacionados en un determinado tiempo finito. Entonces se tiene que $DR = -DH$. Por lo tanto, resolviendo la ecuación anterior se obtiene:

$$\begin{aligned} x_R dH &= -d(Hx_H) \\ -x_R dH &= -Hdx_H - x_H dH \\ Hdx_H &= dN(x_R - x_H) \end{aligned}$$

A continuación, integramos la ecuación anterior, que es el flujo de alimentación a la columna G, y el flujo remanente en la columna, H, y sus respectivas concentraciones G_L y x_H . G y x_G asumen valores constantes sin variaciones.

$$\int_L^N \frac{dH}{H} = \int_{G_L}^x \frac{dx_H}{x_R - x_H}$$

$$\ln \frac{H}{G} = \int_{G_L}^x \frac{dx_H}{x_R - x_H}$$

Se tienen los siguientes datos del proceso, el flujo será de 1 m^3 que alimentará a la columna se compone de 25% de la sustancia más volátil, que es el agua. El producto destilado debe salir con una composición promedio de 99,9 %.

Por lo tanto, el balance de masa será la siguiente:

$$\ln \frac{H}{1} = \int_{0,95}^x \frac{dx_H}{0,999 - x_H} = -\ln \left(\frac{0,999 - x_h}{0,999 - 0,25} \right)$$

11.4.2. Cálculo del Reflujo Mínimo

Para determinar el flujo mínimo se utilizará la ecuación de Underwood, esta ecuación se aplica a los elementos del proceso de destilación para así determinar el reflujo mínimo. Se considera que para determinar el reflujo mínimo se tiene que considerar una columna de destilación con un número infinito de etapas para conseguir la separación. Se asume un flujo constante molar en la zona intermedia de la columna y una volatilidad relativa constante.

$$R_m = \left(\frac{L}{D} \right) = \frac{1}{\gamma - 1} \left[\frac{x_{DA}}{x_{NA}} - \gamma \frac{x_{DB}}{x_{NB}} \right]$$

x_{NA} Y x_{NB} son las fracciones molares líquidas de los componentes A y B en una etapa determinada S; y x_{DA} Y x_{DB} representan las fracciones molares de los componentes A y B en el destilado.

Para cada etapa existe una relación de reflujo mínimo, teniendo en cuenta que cuando la columna es alimentada son necesarias diferentes etapas para reducir la composición de

los componentes menos volátiles. Se tiene el supuesto que en el pinch point se encuentra en el plato de alimentación. Este punto se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$R_m = \left(\frac{L}{D}\right) = \frac{1}{\gamma - 1} \left[\frac{x_{DA}}{x_{fA}} - \gamma \frac{x_{DB}}{x_{fB}} \right]$$

X_{fA} y X_{fB} , son las fracciones molares de los componentes A y B respectivamente en la etapa de alimentación.

La última ecuación que se aprecia, para un sistema binario.

$$R_m = \left(\frac{L}{D}\right) = \frac{1}{\gamma - 1} \left[\frac{x_{DA}}{x_{fA}} - \gamma \frac{1 - x_{DA}}{1 - x_{fA}} \right]$$

La relación de la capacidad de separación de los componentes de la mezcla que se va destilar viene a ser la volatilidad relativa, la cual consiste en la relación ente el valor de K_j del componente más volátil y K_j del menos volátil. En este caso son A y B.

La volatilidad se representará por λ_{AB} , es un índice de separabilidad de los componentes de la mezcla:

$$\gamma_{AB} = \frac{K_A}{K_B}$$

Por lo tanto, para determinar el valor de la volatilidad relativa, se tiene que tener la presión de vapor de cada compuesto en el tope y en el fondo de la columna.

$$\gamma_{AB} = \frac{K_A}{K_B} = \frac{P_A^v}{P_B^v}$$

Para determinar las presiones parciales son calculadas en base a la ecuación de Antoine:

$$\text{Log}(P^v) = A - \frac{B}{T + C}$$

Los parámetros A, B y C son propiedades de cada compuesto, cabe resaltar que la presión P^v se encuentra en mmHg y la temperatura en Kelvin.

A continuación, se fijan las temperaturas de la parte superior y en el fondo de la columna, por lo que es necesario establecer un rango de temperaturas, teniendo como base las características de la parte termo-sensible, en este caso el agua.

Columna destilación: Temperatura y presión del agua.			
Parte superior	P(50 °C) =P(323,15 °K)	92 mmHg	mmHg
En el fondo	P(128 °C)= P(401,15 °K)	1471,868	mmHg

En el caso de aceite lubricante usado, se tiene los siguientes datos:

- Temperatura y presión (1):

Temperatura: 40°C= 333,15 °K y presión: 3,99 mmHg

- Temperatura y presión (2):

Temperatura: 220 °C= 493,15 °K y presión: 760 mmHg

A continuación, se determina la constante A, para las temperaturas presión (1) y (2).

$$\text{Log}(P) = A - \frac{B}{T + C}$$

$$A = \log P_1 + \frac{B}{T_1 + C} = \log P_2 + \frac{B}{T_2 + C}$$

$$\text{Log} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = B * \left(\frac{1}{T_2 + C} - \frac{1}{T_1 + C} \right)$$

$$\text{Log} \left(\frac{3.99}{760} \right) = B * \left(\frac{1}{333,15 + C} - \frac{1}{493,15 + C} \right)$$

$$B = 5\,300,691$$

Ahora determinamos el valor de la constante A, reemplazando los valores de temperatura y presión (1):

$$\text{Log}(P) = A - \frac{B}{T + C}$$

$$A = \log(3,99) + \frac{7\,155,606}{333,15 + 250}$$

$$A = 10,013$$

La ecuación de Antoine queda de la siguiente manera; y de esa forma se puede determinar las presiones de vapor del aceite lubricante usado en diferentes temperaturas de la columna de destilación:

$$\text{Log}(P) = 10,013 - \frac{5\,300,3919}{T + 250}$$

Como se indicó en la página anterior en la parte superior de la columna de destilación se encuentra a una temperatura de 40 °C o 323,15 °K y la parte del fondo se encuentra a una temperatura de 220 °C=493,15 °K. Con la ecuación anterior encontramos la presión del aceite lubricante usado a esas dos temperaturas:

$$\text{Log}(P) = 10,013 - \frac{5\,300,691}{Tn + 250}$$

Columna destilación: Temperatura y presión del aceite lubricante usado			
Parte superior	P(50 °C) =P(323,15 °K)	5,8236	mmHg
En el fondo	P(128 °C)= P(401,15 °K)	74,651	mmHg

Con las presiones del agua y el aceite lubricante usado en la parte superior y el fondo de la columna de destilación, determinamos la volatilidad relativa en la parte superior y en el fondo de la columna. El valor de la volatilidad se determinará con la siguiente formula:

$$\gamma_{AB} = \frac{K_A}{K_B} = \frac{P_A}{P_B}$$

P_A y P_B , representan la presión del componente A en este caso el agua y la presión del componente B que es el aceite usado respectivamente.

Volatilidad Relativa en la columna γ

Parte superior	γ_{superior}	15,797
En el fondo	γ_{Fondo}	19,716

A continuación, se calcula la volatilidad relativa de la mezcla en la columna batch:

$$\gamma_{\text{superior/Fondo}} = \sqrt{\gamma_{\text{superior}} * \gamma_{\text{Fondo}}}$$

$$\gamma_{\text{superior/Fondo}} = \sqrt{15,797 * 19,716}$$

$$\gamma_{\text{superior/Fondo}} = 17,648$$

Con el valor de la volatilidad relativa de la mezcla, se puede obtener el reflujo mínimo. En el proceso de destilación existe dos supuestos casos, esto se debe porque va variando con el tiempo.

Por lo tanto, el primer supuesto se da al inicio de la destilación y el último es cuando termina la destilación.

$$R_{\min} = \frac{1}{17,648 - 1} \left[\frac{0,999}{0,243} - 17,648 \left(\frac{1 - 0,999}{1 - 0,243} \right) \right] = 0,2454$$

El segundo supuesto es cuando termina la destilación y el reflujo mínimos es el siguiente:

$$R_{\min} = \frac{1}{17,648 - 1} \left[\frac{0,999}{0,006} - 17,648 \left(\frac{1 - 0,999}{1 - 0,006} \right) \right] = 9,5899$$

En consecuencia, para obtener el reflujo mínimo basta con calcular la media entre el reflujo mínimo de los dos supuestos casos:

$$R_{\min} = 4,917$$

11.4.3. Número de etapas de la columna de destilación tipo batch en vacío.

El número de etapas se calculará a través de la ecuación de Fenske.

$$N_m = \frac{\ln \left[\left(\frac{x_{D,RS}}{x_{D,LM}} \right) / \left(\frac{x_{B,LM}}{x_{B,RS}} \right) \right]}{\ln \gamma}$$

El componente más volátil es representado por RS y el menos volátil LM. D representa la concentración en el destilado y B la concentración en el fondo de la columna.

	Agua (RS)	Aceite Lubricante usado
X _D	0.98	0.002
X _B	0.96	0.04

$$N_m = 3,43$$

11.4.4. Densidad del vapor

Mediante la ecuación de los gases ideales se obtiene una expresión para calcular la densidad de la mezcla de vapor:

$$\rho = \frac{P * PM}{R * T}$$

P = Presión en el fondo de la columna [mmHg]; PM = Peso molecular de la mezcla [g / mol]; R = Constante universal de los gases ideales [lt mmHg / mol K] y T = Temperatura absoluta en el fondo de la columna [K].

Donde el Peso Molecular se calculará con la siguiente ecuación:

$$PM_{Mezcla} = x_{AGUA} * PM_{AGUA} + x_{ACETE L.U} * PM_{ACEITE L.U}$$

PM_{ALU}= Peso molecular del aceite lubricante usado [gr/mol]; PM_{AGUA}= Peso molecular de la sustancia orgánica [gr/mol]; x_{ALU}= Fracción molar del aceite lubricante usado y x_{AGUA}= Fracción molar del agua.

	ACEITE LUBRICANTE USADO	AGUA
Peso Molecular (gr/mol)	470,6	18,015
Fracción Molar	0,85	0,15

$$PM_{Mezcla} = 402,712 \text{ gr/mol}$$

Con la ecuación de los gases ideales, se calcula la densidad, para ello se tiene los siguientes datos: P= 4 mmHg, temperatura= 128 °C=401,15 °K, R= 62,364 (mmHg lt / mol °K)

$$\rho_v = \frac{4 * 402,712}{62,364 * 401,15}$$

$$\rho_v = 0,064 \frac{\text{gr}}{\text{lt}} = \mathbf{0.064 \text{ Kg/m}^3}$$

11.4.1 Parámetros de la columna de destilación

- **Columna de relleno:** Se utilizan para distintos tipos de proceso, tales como absorción, extracción líquido-líquido y destilación. A continuación, se presentará el tipo de relleno que se utilizará.

Relleno estructurado: Tiene una estructura que consiste en una serie de láminas corrugadas apiladas a dos redes de apoyo y su geometría hace que este tipo de rellenos no provoque problemas debido a la disposición aleatoria de los elementos.

Imagen 6: Relleno estructurado



	Tamaño		Densidad (Kg/m ³)	Area Superficial (m ² /m ³)	Factor de relleno F _p
	Pulgadas	mm			
Anillos Rasching	0.50	13	881	368	640
Cerámica	1.0	25	673	190	160
	1.5	38	689	128	95
	2.0	51	651	95	65
	3.0	76	561	69	36
	0.5	13	1201	417	300
Metal (densidad del acero al carbono)	1.0	25	625	207	115
	1.5	38	785	141	83
	2.0	51	593	102	57
	3.0	76	400	72	32
	Anillos Pall	0.625	16	593	341
Metal (densidad del acero al carbono)	1.0	25	481	210	48
	1.25	32	385	128	28
	2.0	51	353	102	20
	3.5	76	273	66	16
	Plásticos (densidad del polipropileno)	0.625	16	112	341
1.0		25	88	207	52
1.5		38	76	128	40
2.0		51	68	102	25
3.5		89	64	85	16
Sillas Intalox	0.5	13	737	480	200
Cerámica	1.0	25	673	253	92
	1.5	38	625	194	52
	2.0	51	609	108	40
	3.0	76	577		22

El tipo de relleno que se elige es del tipo plástico, por sus características, por ejemplo; la calidad y precio.

El relleno será de 38 mm de tamaño, su densidad es 76 Kg/m³, área superficial de 128 m²/m³ y el factor de relleno es de 40.

- **Columna de destilación**

Velocidad del vapor:

$$V_v = \frac{Fr}{\sqrt{\rho_v}}$$

$$V_v = \frac{3}{\sqrt{0.064 \text{ kg/m}^3}}$$

$$V_v = 11.858 \text{ m/s}$$

Número de etapas teóricas:

$$\frac{N^\circ E.T}{\text{metro}} = 5,3$$

Valor de la altura equivalente del estadio teórico (HETP): Es la altura del relleno necesaria para lograr un cambio en la composición de las fases obtenidas, es un valor equivalente a la de una etapa de equilibrio teórico.

$$HETP = 300 \text{ mm} = 0,3\text{m}$$

Altura del Relleno: Para calcular la altura del relleno total y obtener una separación en particular, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Altura del relleno} = \text{número de etapas} * HETP$$

$$\text{Altura del relleno} = 5,3 * 0,3$$

$$\text{Altura del relleno} = 1.5 \text{ m.}$$

La altura de la columna se obtendrá asumiendo el doble del valor de del relleno aproximadamente. En este caso sería el siguiente:

$$\text{Altura de la columna de destilación} = 3 \text{ m.}$$

Por lo tanto, las características de la columna de destilación, tendrá las siguientes características:

Diámetro de la columna= 390 mm

Altura de la Columna= 3 m

Área de la columna= 0.111 m²

Según los datos anteriores, la columna necesitará 73881,668 KJ/h para así evaporar la mezcla.

11.4.6. Diseño del Condensador

El calor que necesita el condensador al agua se calculara con la siguiente formula, donde la temperatura en la parte superior de la columna es de T=50 °C y la entalpía de condensación es de h=-2453.5 KJ/Kg y con un flujo másico de 122 kg/h.

Con estos datos se calcula el calor necesario en el condensador:

$$\dot{Q} = -2453.5 \text{ KJ/Kg} * 122 \text{ kg/h}$$

$$\dot{Q} = -299\,327 \frac{KJ}{h}$$

11.4.7. Agua requerida en el condensador

El agua requerida para realizar la condensación se obtendrá con la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = \dot{m} * \dot{C}_p * \Delta T$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{\dot{C}_p * \Delta T}$$

$$\dot{m} = \frac{299\,327 \frac{KJ}{h}}{\left(1,880 \frac{KJ}{Kg} \text{ } ^\circ C\right) * (80 - 50) ^\circ C}$$

$$\dot{m} = 2041,237 \frac{Kg}{h} = 2041,237 L/h$$

11.4.8. Potencia en el tanque con la resistencia eléctrica para calentar el agua de enfriamiento

La potencia necesaria en el estanque donde se calienta el agua antes de entrar en el condensador se obtiene desde la siguiente ecuación, donde el flujo másico es el mismo valor que el utilizado en el cálculo anterior, y suponiendo que el agua entra a este estanque a 25°C y debe salir a una temperatura de 80°C, que es la temperatura a la cual el agua entra al condensador. La capacidad calorífica a esta temperatura es casi la misma que en el cálculo anterior, en realidad esto ocurre solo al inicio ya que durante el funcionamiento el agua se enfría, por lo que, para mantener la temperatura en 80°C se reintegra flujo de manera continua en este estanque, así:

$$\dot{Q} = \dot{m} * \dot{C}_p * \Delta T$$

$$\dot{Q} = 2041,237 * 1.880 * (80 - 25)$$

$$\dot{Q} = 211,063 KW$$

11.4.9. Selección de la bomba de vacío

La bomba de vacío se seleccionará correctamente siguiendo los siguientes pasos. Con la siguiente ecuación se conocerá el volumen a ser evacuado del equipo:

$$V_e = V_a * F_{pd}$$

Donde V_a es el volumen del equipo en el cual se realizará el vacío y F_{pd} es el factor

- **Factor F_p**

El factor de bombeo, se calcula con la siguiente grafica en función a la presión absoluta en el equipo a la cual se realizará el vacío. El factor se seleccionará con el rango de presiones de la columna de destilación batch.

$F_{pd}=6,5$	Presión= 2 mmHg
$F_{pd}=2,5$	Presión= 80 mmHg

El factor $F_{pd}=6.5$ es la situación crítica de funcionamiento, para este valor es la cual se diseñará la bomba de vacío.

El volumen del equipo se calculará con la siguiente ecuación, donde d y h son el diámetro y la altura de la columna de destilación respectivamente.

$$V_a = \frac{\pi * d^2 * h}{4}$$

$$V_a = \frac{\pi * 0.39^2 * 3}{4}$$

$$V_a = 0.358 \text{ m}^3$$

Debido a los distintos elementos que hay en el proceso de destilación se asume que el volumen del equipo debe ser el triple.

$$V_a = 1,75 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen Evacuado:

$$V_e = 6,988 \text{ m}^2$$

La bomba, será del modelo PC 3012 vacío con un flujo de la bomba de 22 m^3/h a una presión de 2 mmHg.

11.4.10. Tiempo de Bombeo

El flujo de bombeo se define como como el flujo del proceso para crear el vacío necesario y se determinara con la siguiente ecuación:

$$V_b = \frac{V_a}{t_b}$$

$$t_b = \frac{1,75 \text{ m}^3}{22 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

$$t_b = 4,7 \text{ min.}$$

XII. EVALUACIÓN ECONÓMICA

12.1. Utilidad

Se ha proyectado tener una producción de 23 116,069 gal por mes o 87 841 litros por mes. El precio de venta del galón aceite lubricante base o regenerado es de S/. 21,45, sin incluir el IGV. Por lo tanto, se calculará el ingreso por la venta:

Cantidad de Aceite Lubricante regenerado por mes	23 166,07	Galones
Precio del galón por mes	21,45	Soles/galón

$$\text{Precio de venta} = 496\,912,18 \text{ soles/mes}$$

Calculamos la utilidad:

$$\text{Precio de venta} = \text{Precio Costo} + \text{Utilidad}$$

$$\text{Utilidad} = 496\,912,18 - 194\,428,60$$

$$\text{Utilidad} = 302\,483,58 \text{ soles/mes}$$

Tabla 25: Costo total de Producción

Descripción	Unidad	Unidad (consumo/mes)	Precio (S/. Unid. Insumo)	S/. MES
Costo Variable				168 646,15
Insumos materia Prima				109 839,94
Aceite usado	Gal	30 548,45	3,3	100 809,89
Ácido Sulfurico	Kg	3537,63	1,75	6 190,85
Aditivo	Kg	364	7,8	2 839,20
MATERIALES				58 806,22
Cilindros	Cil	1807,05	15,94	28 804,38
Materiales				16 455,50
Accesorios de acabado				13 546,34
COSTO FIJO				25 782,45
Mano de Obra directa				25 782,45
Operarios de Planta y ventas				25 782,45
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				194 428,60

Elaboración Propia

12.2. Costo de Equipo Industrial

A continuación, se muestra los equipos a utilizar.

Tabla 26:Costo de Equipos

COSTO TOTAL DE QUIPOS		
Elemento / equipo	Potencia	Costo total(SOLES)
Tanque de almacenamiento de materia prima	----	S/ 30 000,00
Sistema de destilación	----	S/ 200 000,00
Depósito de Flocculante	----	S/ 10 435,00
Depósito de Aceite Regenerado	----	S/ 12 450,00
Tanque de recepción de Aceite destilado	----	S/ 20 456,00
Tanque de recepción de aceite neutralizado	----	S/ 15 894,00
Bomba rotatoria del Sistema	3,5 hp- 3,9hp -3,5 hp	S/ 29 778,60
Intercambiador de Calor	----	S/ 40 000,00
COSTO TOTAL		S/ 359 013,60

Elaboración Propia

12.3. Costo de Instalación de Equipos

Para el costo de la instalación de los equipos que conforman el sistema de regeneración de aceites lubricantes usados se ha previsto que sea el 30% del costo del equipo Industrial.

$$\text{Costo instalación de Equipos} = \text{S/ } 107\,704,08$$

12.4. Imprevistos

Para los imprevistos se considera el 10 % del costo de los equipos.

$$\text{Imprevistos} = \text{S/ } 35\,901,36$$

12.5. Programación de Producción y ventas

Se ha considerado un tiempo de análisis que será dentro de los próximos 6 años, además; cada año se tendrá 10% de la producción del año anterior, aumentando así una capacidad del 7%.

12.6. Inversión del Capital fijo para el proyecto

Tabla 27: Costo de Inversión Fija

COSTO DE INVERSIÓN FIJA	
Costo del terreno y Edificio	S/ 160 000,00
Consto del terreno	S/ 80 000,00
Costo total de la maquinaria	S/ 359 013,60
Costo de Instalación del Equipo	S/ 107 704,08
Imprevistos	S/ 35 901,36
Costo de Inversión de Capital Fijo	S/ 742 619,04

Elaboración Propia

Para el costo del terreno y edificio se ha tomado como referencia estudios del Instituto de Construcción y gerencia-Perú.

12.7. Flujo de Caja Económico

Tabla 28:Flujo de caja Económico

Item / Año	FLUJO DE CAJA FINANCIERO						
	0	1	2	3	4	5	6
Producción (Gl/año)		277 992,00	305 791,20	336 370,32	370 007,35	407 008,09	447 708,90
Venta Total		S/ 5 962 928,40	S/ 6 559 221,24	S/ 7 215 143,36	S/ 7 936 657,70	S/ 8 730 323,47	S/ 9 603 355,82
Costos Variables		S/ 2 023 753,80	S/ 2 226 129,18	S/ 2 448 742,10	S/ 2 693 616,31	S/ 2 962 977,94	S/ 3 259 275,73
Costos Fijos		S/ 502 618,44	S/ 502 618,44	S/ 502 618,44	S/ 502 618,44	S/ 502 618,44	S/ 502 618,44
Total de egresos operativos		S/ 2 526 372,24	S/ 2 728 747,62	S/ 2 951 360,54	S/ 3 196 234,75	S/ 3 465 596,38	S/ 3 761 894,17
Depresación (-)							
Utilidad antes del Impuestos		S/ 3 436 556,16	S/ 3 830 473,62	S/ 4 263 782,83	S/ 4 740 422,95	S/ 5 264 727,09	S/ 5 841 461,65
Impuesto a la renta		S/ 1 134 063,53	S/ 1 264 056,29	S/ 1 407 048,33	S/ 1 564 339,57	S/ 1 737 359,94	S/ 1 927 682,34
Utilidad Neta después del Impuesto		S/ 2 302 492,63	S/ 2 566 417,33	S/ 2 856 734,49	S/ 3 176 083,38	S/ 3 527 367,15	S/ 3 913 779,30
Inversión depreciable	S/ 720 367,44						
Inversión de Capital de trabajo	S/ 216 110,23						
FLUJO DE CAJA	S/ -965 404,75	S/ 2 302 492,63	S/ 2 566 417,33	S/ 2 856 734,49	S/ 3 176 083,38	S/ 3 527 367,15	S/ 3 913 779,30

Elaboración Propia

1.1.Cálculo del VAN y el TIR

Los cálculos se muestran en un archivo Excel adjuntadas al proyecto.

INVERSIÓN= 1 342 672, 45 soles.

VAN= 995 986,45

TIR=21.2 %

Esto muestra que el proyecto si es viable, con un tiempo de recuperación de 2,6 años.

II. CONCLUSIONES

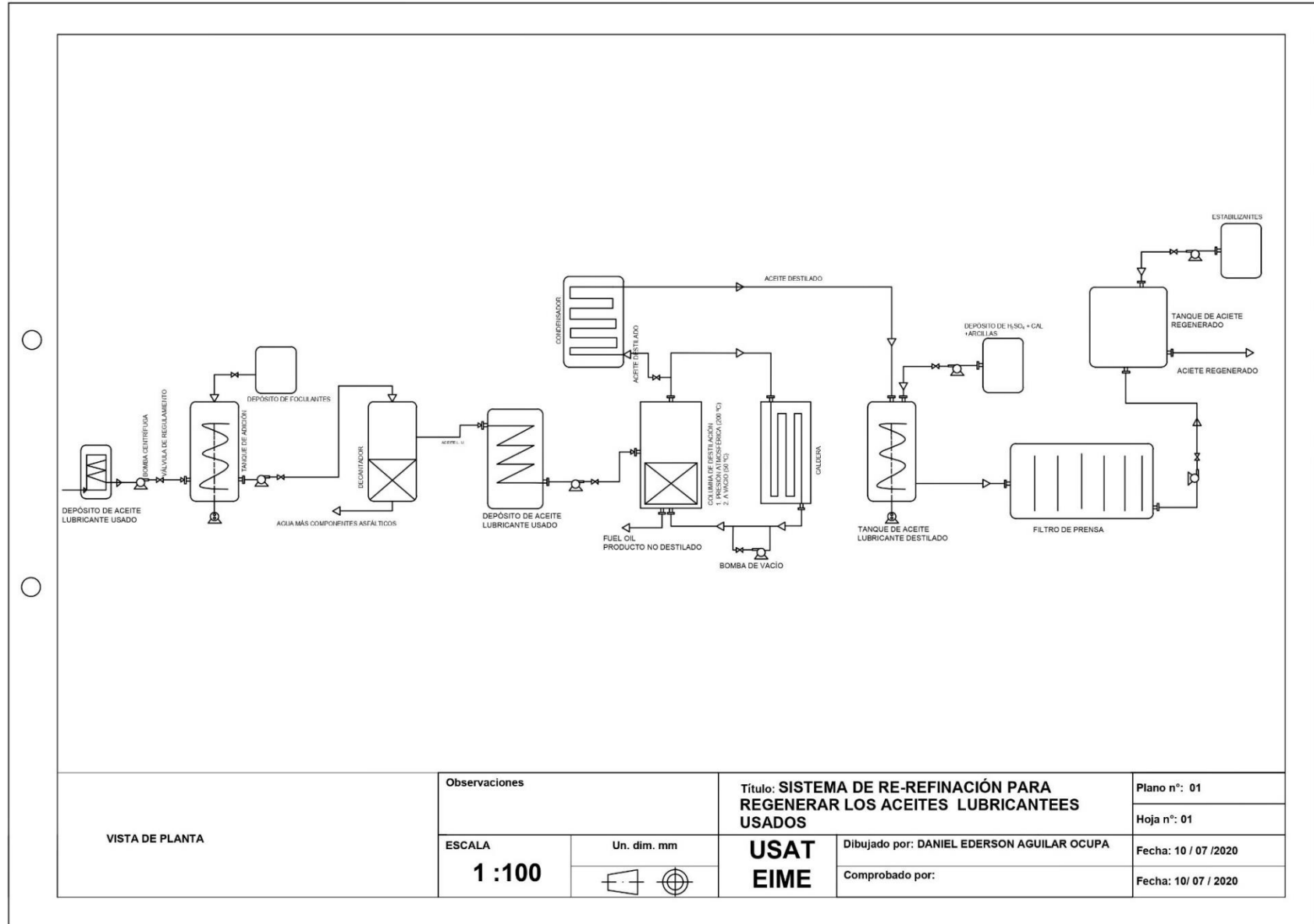
1. Mediante la información brindada por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se obtuvo la cantidad de vehículos livianos que existe desde los años 2014-2019 en la Región Lambayeque y, así, posteriormente la cantidad de aceites lubricantes usados que generaran estos mismos. Además, se realizó una proyección desde los años 2020-2025, donde la cantidad promedio por año de aceites lubricante usados de vehículos livianos generados es de 924 642,754 galones/año.
2. En la tabla 15 se muestra la comparación de la características físicas y químicas del aceite lubricante nuevo y aceite lubricante usado, donde se puede apreciar que, las características físicas y químicas del aceite usado cumplen con la concentración máxima permisible de contaminantes presentes en estos residuos según EPA, para que puedan ser regenerados.
3. A través de una matriz de evaluación, donde los aspectos a evaluar fueron: la calidad de aceite regenerado, el grado de contaminación que se generará con el proceso regeneración, la obtención de nuevos residuos y la parte económica; se seleccionó el proceso de REGENERACIÓN RE-REFINACIÓN, debido a que tuvo la mayor puntuación en comparación con los otros procesos de regeneración.
4. Se determinaron los parámetros de los elementos que conforman el proceso de regeneración re-refinación.
 - Depósito cilíndrico de almacenamiento de aceite usado.
 - Depósito rectangular de floculante.
 - Diseño del tanque de decantación y sistema de agitación.
 - Proceso de destilación tipo batch en vacío
5. Se demostró que el proyecto es viable.

III. RECOMENDACIONES:

1. Realizar un plan de recolección de aceites lubricantes usados, con puntos estratégicos en las principales ciudades de la región Lambayeque, para así tener un mejor almacenamiento los aceites usados.
2. Definir el fin último de los residuos que se generaran luego de realizar el proceso de regeneración.
3. Utilizar otros procesos de regeneración como, por ejemplo, el proceso de regeneración con extracción con propano, porque en la evaluación que se realizó en el tercer objetivo fue el segundo proceso que se recomienda para regenerara los aceites usados.

IV. ANEXOS

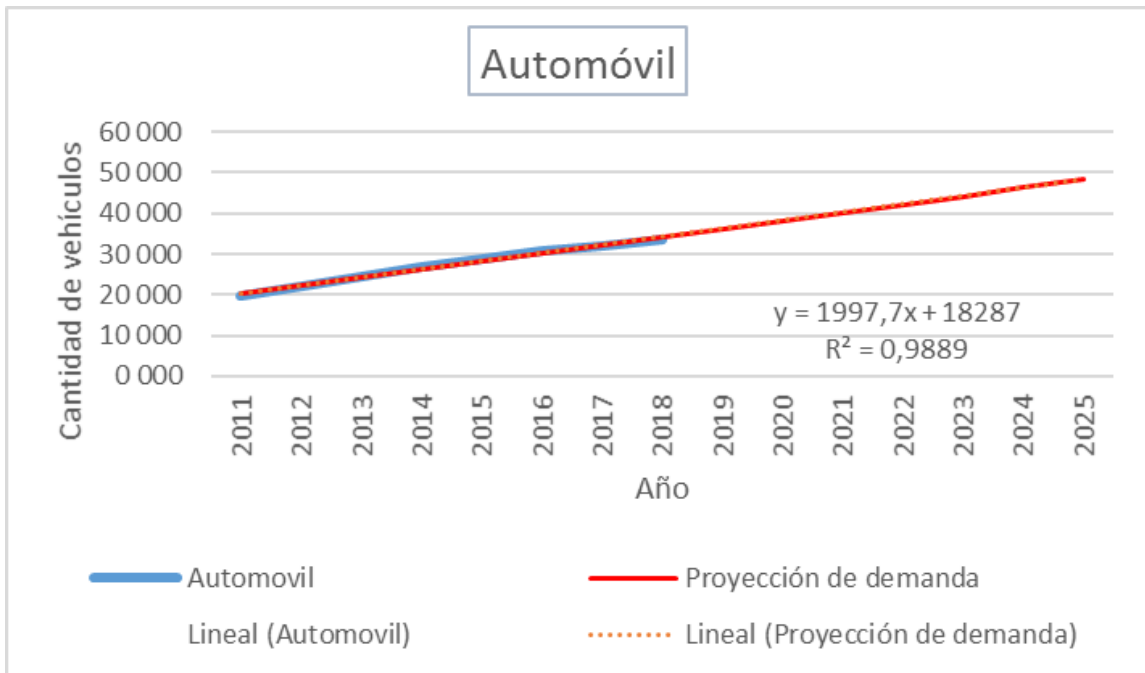
ANEXO N° 01: VISTA DE PLANTA DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓ



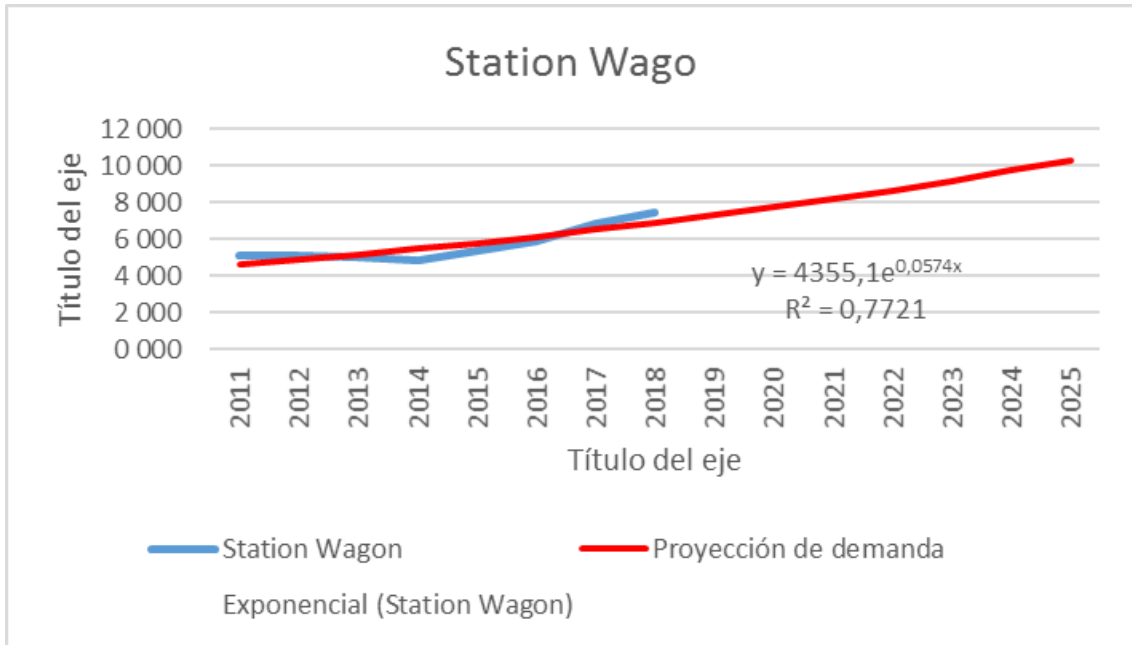
VISTA DE PLANTA

		Observaciones		Título: SISTEMA DE RE-REFINACIÓN PARA REGENERAR LOS ACEITES LUBRICANTEES USADOS		Plano n°: 01	
						Hoja n°: 01	
ESCALA		Un. dim. mm		USAT EIME		Dibujado por: DANIEL EDERSON AGUILAR OCUPA	
1 : 100						Comprobado por:	
						Fecha: 10/ 07 / 2020	

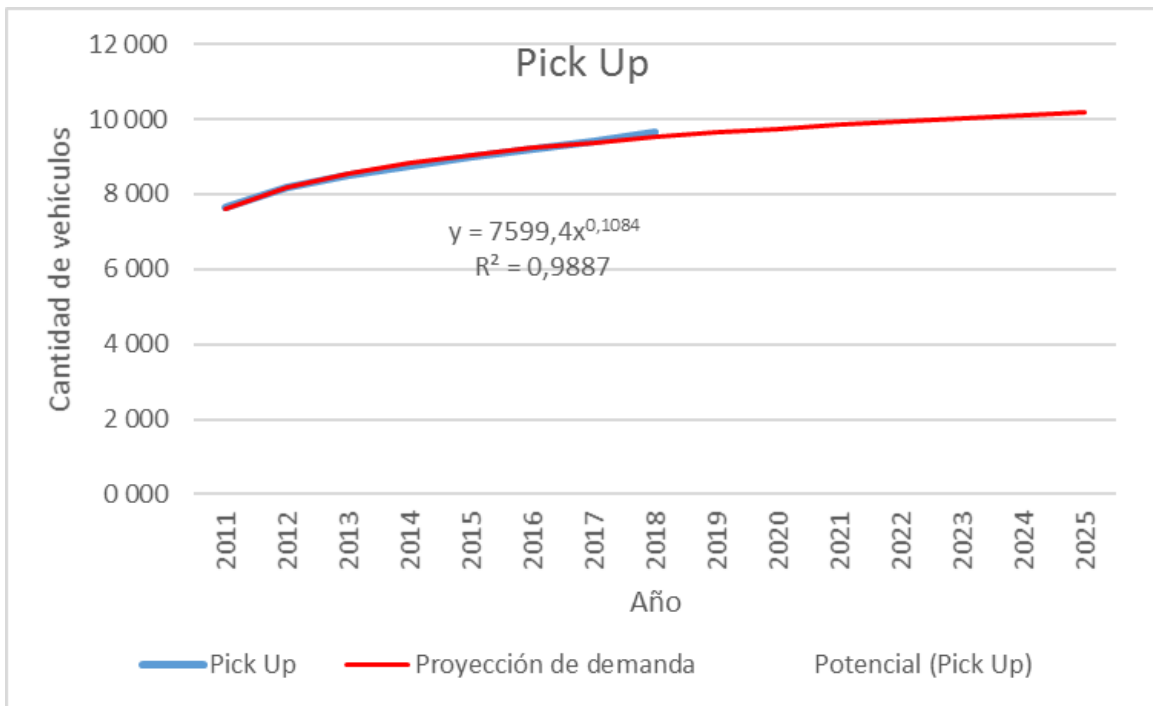
ANEXO N° 02: PROYECCIÓN LINEAL DE LOS AUTOMÓVILES EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE



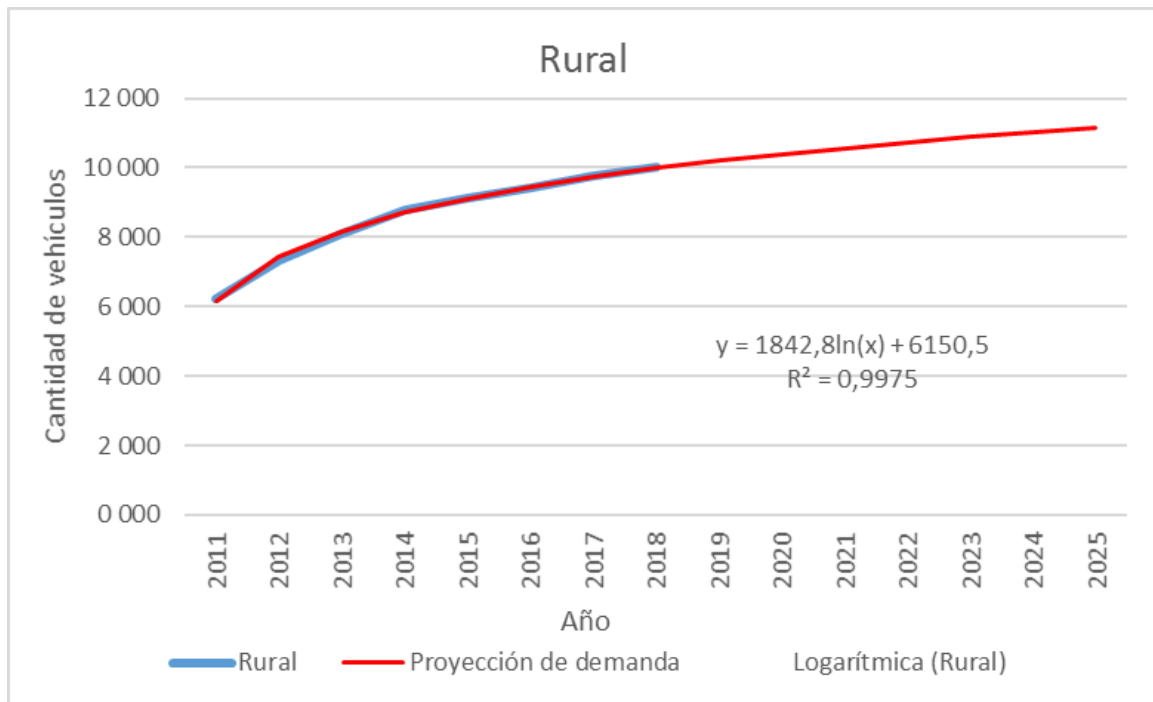
ANEXO N° 02: PROYECCIÓN DE LOS STATION WAGO EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE



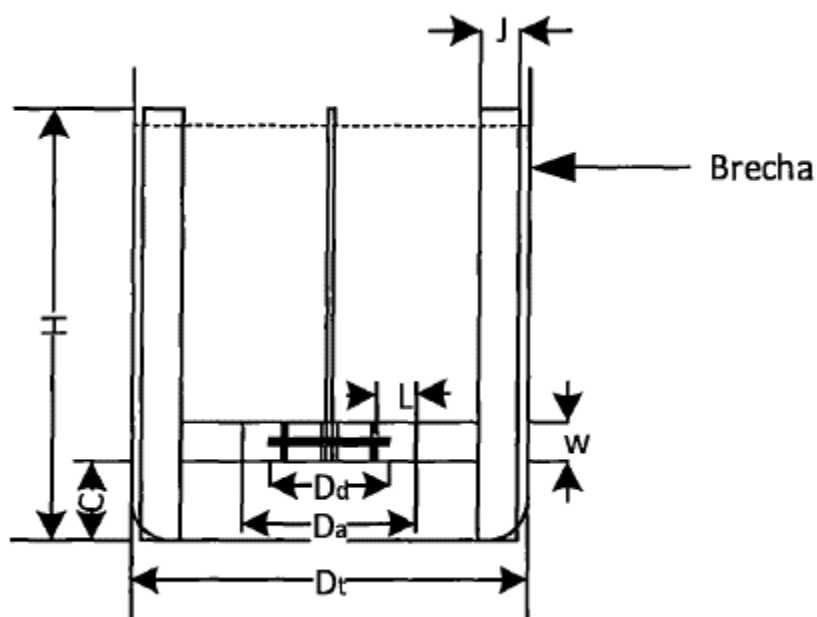
ANEXO N° 03: PROYECCIÓN DE LOS PICK UP EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE



ANEXO N° 04: PROYECCIÓN DE LOS RURAL EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE



ANEXO N° 05: DISEÑO DEL TANQUE DE ADICIÓN



$$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ a } 0.5 \quad , \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad , \quad \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad , \quad \frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3} \quad , \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad , \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. Espinosa, «AUTOS RPM,» 1 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.publimetro.com.mx/mx/autosrpm/2019/11/01/cuantos-autos-hay-en-el-mundo.html>. [Último acceso: 15 Noviembre 2019].
- [2] E. U. S. E. p. Agency. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/aboutepa/about-office-solid-waste-andemergency-response-oswer..> [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [3] M. d. T. y. C. MTC, «Anuario estadístico 2018,» 2018. [En línea]. Available: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407547/ANUARIO_ESTADISTICO_2018.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2019].
- [4] N. T. N. S. G. M. V. M. H. Melchor Sayhua Alejandro, «Regeneration of used lubricant oils,» *National University of Engineering*, 2016.
- [5] R. E. R. S. Edgar Italo Mendoza Haro, «RECICLAJE DE ACEITES USADOS PARA TRANSMISIÓN DE POTENCIA EN LAS INDUSTRIAS Y TALLERES DE SERVICIO DE LA CIUDAD DE MILAGRO, ECUADOR,» *UNIVERSIDAD, CIENCIA Y TECNOLOGICA*, vol. 19, n° 77, pp. 160-165, 2015.
- [6] W. N. Nuñez, «Universidad de Piura,» Abril 2014. [En línea]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2792/MAS_GAA_018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 25 Noviembre 2019].
- [7] C. C. I. L. S.A., «CILSA,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.cilsaperu.com/index.html>. [Último acceso: 20 Mayo 2020].
- [8] S. d. g. d. a. u. e. E. SIGAUS, «SIGAUS,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.sigaus.es/sigaus-en-cifras>. [Último acceso: 25 Mayo 2020].
- [9] J. R. R. H. Marco Vinicio Chuqui P, «PROPUESTTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE REGENERACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN LA CIUDAD DE CUENCA EMPLEANDO EL PROCESO DE EXTRACCIÓN CON PROPANO,» Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14195/1/UPS-CT006977.pdf>. [Último acceso: 5 Octubre 2019].
- [10] R. E. G. Salles, «REAPROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS PROVENIENTES DE LA REREFINACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE USADO,» Junio 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/230/B2-M-18408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 5 Marzo 2020].
- [11] C. G. A. PADILLA, «Repositorio Institucional Universidad Politecnica SALESIANA ECUADOR,» 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7683/1/UPS-CT004544.pdf>. [Último acceso: 10 Octubre 2019].

- [12] N. E. B. Cubillas, «Estudio de Prefactibilidad para implementación de una planta envasadora de aceites lubricantes en Lima metropolitana parataxis y vehículos livianos particulares,» Mayo 2018. [En línea]. Available: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12281/BERNAL_NELSON_ACEITES_LUBRICANTES_ENVASADORA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 12 Octubre 2019].
- [13] B. M. Ponce, «Escuela Técnica Superior de Ingenieros, UNIVERSIDAD DE SEVILLA,» Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/ingenieria/proyectos/doc1pro118.pdf>. [Último acceso: 8 Octubre 2019].
- [14] E. Q. B. C. T. Waldyr Fong Silva, «Caracterización físico Química de aceites usados de motores para su reciclaje,» *Prospectiva*, vol. 15, n° 2, pp. 135-145, 2017.
- [15] R. E. R. S. Edgar Haro, «Reciclaje de aceites usados para transmisión de potencia en las industrias y talleres de servicio de la ciudad de Milagro, Ecuador,» *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 19, n° 77, pp. 160-165, 2015.
- [16] Rolando Rios Rodriguez, «UNIVERSIDAD AUSTRIAL DE CHILE,» 2007, [En línea]. Available: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfci.78d/doc/bmfci.78d.pdf>. [Último acceso: 12 Octubre 2019].
- [17] R. P. d. Perú, «Radio Programas del Perú,» 26 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/parque-automotor-crecio-a-300-mil-unidades-en-chiclayo-noticia-932918?ref=rpp>. [Último acceso: 26 Noviembre 2019].
- [18] P. E. P. CARREÑO, «REGENERATION OF USED LUBRICANT OILS,» *NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING*, 2016.
- [19] TOTAL, «LUBRICANTES AUTOMOTRICES,» 2018, [En línea]. Available: <http://www.total.com.pe/noticias/mercado-de-lubricantes-en-peru-moveria-mas-de-us-400-millones-durante-el-2018.html>. [Último acceso: 10 Octubre 2019].
- [20] C. A. E. ANGELES, «DIAGNOSTICO DEL USO Y MANEJO DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS EN CENTROS AUTOMOTRICES Y LUBRICADORAS DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA. 2017.»,» Lambayeque, 2018.