

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	Dependencia	Aprobado		Pág.
		<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(118)</b>

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>LUIS FELIPE HINOJOSA PEÑA</b> <b>JORGE ELIECER ORTIZ TREJO</b>		
FACULTAD	<b>INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA MECANICA</b>		
DIRECTOR	<b>MSc.HERNANDO ALEXANDER YEPES TUMAY</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE A PARTIR DEL ACEITE AUTOMOTRIZ USADO EN OCAÑA-NORTE DE SANTANDER</b>		
<b>RESUMEN</b> <b>(70 palabras aproximadamente)</b>			
<p>CON BASE EN TODOS LOS ANÁLISIS Y EFECTOS CONTAMINANTES DEL ACEITE MENCIONADOS PREVIAMENTE, SE HACE NECESARIO BUSCAR ALTERNATIVAS PARA MITIGAR DICHOS EFECTOS, EN ESTE SENTIDO SE PLANTEA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN DONDE LO QUE SE PRETENDE ES REALIZAR UN ESTUDIO QUE NOS PERMITA POR MEDIO DEL SOFTWARE ASPEN REALIZAR UN ANÁLISIS REFERENTE AL APROVECHAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DEL ACEITE DE MOTOR USADO EN COMBUSTIBLE, DE FORMA TAL QUE SIRVA DE INSUMO PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS APLICADAS A DICHA PROBLEMÁTICA..</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 119	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 32	CD-ROM: 1



**SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE A  
PARTIR DEL ACEITE AUTOMOTRIZ USADO EN OCAÑA-NORTE DE  
SANTANDER**

**AUTORES:**

**LUIS FELIPE HINOJOSA PEÑA 181660**

**JORGE ELIECER ORTIZ TREJO 181493**

**Proyecto presentado como requisito para optar por el título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director:**

**MSc.HERNANDO ALEXANDER YEPES TUMAY**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA MECANICA**

**Ocaña, Colombia**

**Agosto de 2019**

*AGRADECIMIENTOS*

*A el ingeniero Nelson Javier Escobar Mora, por la ayuda prestada en la recopilación de datos por medio del programa Aspen en la universidad pontificia bolivariana de Medellín.*

## Índice

	<b>Pág.</b>
Capítulo 1 Simulación del proceso de producción de combustible a partir del aceite automotriz usado en Ocaña-Norte de Santander.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.3 Descripción del problema .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.5 Justificación .....	5
1.6 Limitaciones.....	7
1.7 Delimitaciones .....	7
Capítulo 2 Marco referencial .....	9
2.1 Marco histórico .....	9
2.2 Marco conceptual.....	10
2.3 Marco teórico.....	24
2.4 Marco legal .....	25
Capítulo 3 Metodología.....	29
3.1 Tipo de investigación.....	29
3.2 Etapas del proyecto.....	29
3.3 Presupuesto .....	32
3.4 Cronograma de actividades.....	33
Capítulo 4 Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas.....	34
4.1 Fase I.: Recolección Del Potencial De Aceite Usado En Ocaña Norte De Santander. .	35
4.2 Fase II.: caracterización del aceite recolectado en los talleres más influyentes en la ciudad de Ocaña Norte de Santander.....	50
4.3 Fase III.: Identificar las principales variables que Inciden en las propiedades del Producto final mediante el programa Aspen.....	58
4.4 Fase IV.: Evaluar el proceso de producción de combustible a partir de los aceites de los talleres en los diferentes sectores de Ocaña.....	86
Capítulo 5. Conclusión.....	107

Capítulo 6. Recomendaciones.....108

Referencias.....100

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Flash (Separador) o Dryer .....	14
Figura 2. Ryield (Reactor de Rendimiento) .....	16
Figura 3. Rgibbs (Reactor de energía libre) .....	16
Figura 4. Condensador .....	18
Figura 5. Flash (Separador).....	21
Figura 6. Parque automotor de Ocaña.....	37
Figura 7. Formato de encuesta página 1.....	38
Figura 8. Formato de encuesta página 2.....	39
Figura 9. Volumen semanal de venta.....	42
Figura 10. Cuantos cambios semanales .....	43
Figura 11. Observación datos respuesta disposición de residuos.....	44
Figura 12. Cantidad aceite obtenido mensualmente .....	45
Figura 13. Observación datos respuesta a empresas recolectoras de aceite.....	46
Figura 14. Observación datos respuesta daño ambiental producido .....	47
Figura 15. Observación datos respuesta a futura capacitación.....	47
Figura 16. Muestra a ser analizada en el laboratorio .....	51
Figura 17. Montaje del proceso de destilación.....	55
Figura 18. Simulación de Aspen .....	59
Figura 19. Datos línea de aceite (OIL).....	60
Figura 20. Datos de Nitrógeno .....	61
Figura 21. Datos Flash2 o Dryer .....	62

Figura 22. Datos RYield .....	63
Figura 23. Datos RGibbs .....	64
Figura 24. Datos condensador 1 .....	65
Figura 25. Datos condensador 2.....	65
Figura 26. Datos refrigerante condensador 1-2.....	66
Figura 27. Datos Flash2 .....	67
Figura 28. Cantidad de producto final obtenidos .....	87
Figura 29. Producción de hidrocarburo respecto al aceite .....	90
Figura 30. Simulación a 700°C .....	93

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Presupuesto .....	32
Tabla 2. Actividades.....	33
Tabla 3. Información de los Talleres.....	40
Tabla 4. Método de generación de aceites residuales .....	50
Tabla 5. Resultados muestra de aceite .....	52
Tabla 6. Calor requerido en el proceso de destilación .....	56
Tabla 7. Cálculo del calor suministrado y la eficiencia del proceso de destilación.....	57
Tabla 8. Temperaturas alcanzadas en el proceso de destilación .....	58
Tabla 9. Descripción de elementos Aspen .....	67
Tabla 10. Parámetros para los resultados del software .....	69
Tabla 11. Descripción de las líneas de la simulación.....	70
Tabla 12. Resultados prueba con 206564 litros de aceite semanal .....	71
Tabla 13. Resultados prueba con 442638 litros de aceite quincenal.....	73
Tabla 14. Resultados prueba con 885276 litros de aceite mensual.....	76
Tabla 15. Resultados prueba con 5311656 litros de aceite semestral .....	78
Tabla 16. Resultados prueba con 106233112 litros de aceite anual .....	80
Tabla 17. Producción semanal. ....	83
Tabla 18. Producción quincenal.....	84
Tabla 19. Producción mensual .....	84
Tabla 20. Producción semestral .....	85
Tabla 21. Producción anual.....	85

Tabla 22. Evaluación de producción de combustible mediante la destilación.....	87
Tabla 23. Evolución del proceso de producción de destilación .....	88
Tabla 24. Generación de combustible en diferentes periodos de tiempo.....	89
Tabla 25. Temperaturas simulación. ....	91
Tabla 26. Comparación de resultados a mayor temperatura .....	92
Tabla 27. Comparación de resultados a menor temperatura .....	94
Tabla 28. Comparación de resultados de variación química.....	95

## Introducción

La Universidad Francisco de Paula Santander sede Ocaña ha venido desarrollando proyectos que van de la mano con los diferentes programas de pregrado que ofrece el alma mater, en aras de ampliar proyectos de investigación, el programa de Ingeniería Mecánica se suma para promover la responsabilidad social que contribuya al bienestar de la sociedad, con el fin de ir más allá del cumplimiento de normativas vigentes a los principios ambientales del Pacto Global de las Naciones Unidas (Salió por primera vez el 31 de Enero de 1999 propuesto por Kofi Annan y basados en convenciones y declaraciones universales)(pacto global, 1999) y diferentes leyes aprobadas con interés de defender y conservar la flora y fauna.

Para nosotros como futuros ingenieros mecánicos e hijos de nuestra alma mater, la responsabilidad comienza en casa iniciando como colaboradores, promoviendo el progreso de nuestra carrera, ejerciendo prácticas de seguridad y salud ocupacional entre otras acciones con el objetivo de mejorar nuestro ecosistema, haciéndonos partícipes de nuestras prácticas ambientales e incentivando a desplegar y efectuar estas buenas obras a la comunidad.

El principio número 8 del Pacto Global de las Naciones Unidas nos dice: “Implementar Iniciativas para Promover la Responsabilidad Ambiental”(pacto global, 1999), bajo este principio se quiere desarrollar un programa que promueva el buen manejo, recolección y reutilización de aceites usados, ya que el tratamiento inadecuado de estos residuos, han creado una problemática que impacta de gran manera al ecosistema donde estos son vertidos.

Con los siguientes datos (Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá ANAM en coordinación con el ministerio de salud MINSA, Panamá) se puede reflejar, el daño ambiental que está generando el mal manejo de este peligroso residuo:

Un galón de aceite usado contamina mil litros de Agua.

(Esteban Benavides, gerente general de Greenfuel Colombia en el año 2013)

Cinco litros de aceite usado contaminan el volumen de aire respirado por una persona por 3 años (Centro de Actividades Regionales para la Producción limpia, 2003).

Verter cinco litros de aceite usado al mar, crea una película de grasa de 5.000 cm<sup>2</sup> que afecta la vida marina (ABDOLA TABRAUE, 2004).

En ese contexto, se pretende con este proyecto el auto sostenimiento, llevando beneficios sociales y económicos a la comunidad y principalmente mejorando la calidad de vida de la sociedad en general.

Revisar el marco conceptual en el párrafo 2.2.7 para tener un concepto de que es Aspen.

Teniendo en cuenta el daño que causan estos residuos y las diferentes acciones que se han tenido para la mitigación del deterioro del ecosistema, este proyecto tiene como finalidad la reutilización de estos aceites, siguiendo todas las normativas y el modelado del proceso a

través del software ASPEN. La simulación del proceso, es la acción que ejecuta todos los cálculos necesarios para resolver el resultado del sistema y, por lo tanto, predecir su comportamiento. Cuando los cálculos se completan, ASPEN enumera los resultados, flujo por flujo y unidad por unidad, lo que facilita que se pueda observar lo que sucedió con las especies químicas de su modelo de proceso.

## **Capítulo 1 . Simulación del proceso de producción de combustible a partir del aceite automotriz usado en Ocaña-Norte de Santander.**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La degradación del medio ambiente ha venido aumentando a gran escala, debido al crecimiento poblacional, la destrucción desmesurada de áreas verdes y en gran medida al aumento desproporcional del parque automotor, que si bien es necesario para el transporte, los propietarios de estos vehículos hacen caso omiso por falta de conocimiento, facilidad o simplemente por no acatar a las normas que protegen el medio ambiente y desechan los residuos de sus automotores en cañerías, vías, parqueaderos, sin medir consecuencia alguna de la contaminación que estos desechos acarrearán en su entorno.

Teniendo en cuenta el aumento del 6.31% en el parque automotor nacional para el 2017 con un total de 13.149.423 vehículos a diferencia del 2016 con 12.368.454 según datos del Ministerio de Transporte(Escobar Serrano, Meneses Trujillo, Homez Ramires, & Buitrago Sarmiento, 2017), así mismo han abierto en gran cantidad establecimientos dedicados al mantenimiento de estos vehículos, pero en su mayoría sin equipos y en muchos casos sin conocimiento alguno de cómo tratar o recolectar los desechos generados por los vehículos, aumentando la contaminación en desagües y por ende en los cuerpos de agua a los cuales se conecta el sistema de alcantarillado.

El impacto ambiental que genera la mala disposición de aceites usados por la falta de conciencia y sensibilización de la población, está ocasionando daños irreversibles a altos índices de contaminación en los diferentes cuerpos de agua y suelo de nuestro entorno. La revista Doctor Auto nos dice que lo más adecuado en vehículos nuevos es realizar 3 mantenimientos a los 5.000, 10.000 y 15.000 Km respectivamente(Lima, 2016), esto quiere decir que se realiza 3 cambios de aceite en estos periodos, si el parque automotor tuvo un aumento del 6.31% quiere decir que en cifras es 780.989 nuevos vehículos, ahora bien multiplicando este dato por los 3 cambios de aceite, serian 2.342,967 cambios de aceite que se están realizando solamente en el nuevo parque automotor.

Si las motos son 523.313 unidades según el Ministerio de Transporte(Escobar Serrano et al., 2017), haciendo operaciones estimadas podríamos decir que el cambio de aceite respectivo para estos vehículos aproximado es de 900 ml, multiplicado por los 3 cambios nos da un valor de 1.412.945 litros de aceite que se están generando como residuos peligrosos, ahora nos podemos preguntar, ¿los talleres no tecnificados o artesanales que están haciendo con los residuos de aceite en el mantenimiento?

Ocaña Norte de Santander no es ajena a esta problemática, según datos de Secretaria de Tránsito y Transporte entregados el 22 de Marzo del 2018, el parque automotor consta de 40.543 vehículos, donde 32.788 son motocicletas, estos vehículos están generando 10`623.312 L (Tabla 4) de desecho de aceite contaminante por año.

## 1.2 Formulación del problema

- ¿Cómo implementar un proceso de producción de combustible a partir de aceites usados?
- ¿De qué manera contribuye el uso de programas especializados como ASPEN, en estudios ambientales a la Facultad de Ingeniería de la UFPSO?
- ¿Cuál es el efecto de la composición química del aceite usado sobre el producto final (Combustible) del proceso de recuperación?

## 1.3 Descripción del problema

Debido al gran tamaño del parque automotor en Colombia se está generando volúmenes altos de residuos de aceite de motor, la gran problemática se empieza a presentar cuando no se hace el respectivo manejo y tratamiento a estos residuos dando como resultado una alta contaminación que afecta el suelo, fuentes hídricas y por ende al ser humano.

Según datos de Secretaria de Tránsito y Transporte entregados el 22 de Marzo del 2018, el parque automotor de Ocaña Norte de Santander consta de 40.543 vehículos, donde 32.788 son motocicletas, si se hace una estimación manual, donde aproximadamente se hace cambio de aceite cada 30 días de 900 ml de aceite y se multiplica por 12, que son los respectivos meses del año, estos vehículos están generando 10`623.312 L de desecho de

aceite contaminante por año.(Revisar ecuación de 4.1.2.9) Esto sin contar con el no registro de vehículos que transitan de manera ilegal de las diferentes regiones de Venezuela, lo cual se da por la influencia que tiene el departamento de Norte de Santander por ser zona fronteriza en la cual se evidencia motocicletas y vehículos de ese país circulando de manera continua por la ciudad, lo cual hace un gran aporte a que crezca esta cantidad de residuos obtenidos del cambio de aceite, por ende hace que sea muy difícil especificar y sea mucho más grande el parque automotor de lo que se planifica en los datos de la secretaria de tránsito y transporte de Ocaña Norte de Santander.

Ahora los sitios donde se hacen los cambios de aceite no están debidamente tecnificados, estos carecen de conocimientos para la administración de estos residuos, se podría decir que el manejo que se le está dando a estos residuos por carencia de estándares de normatividad técnica es totalmente inadecuado.

Estos residuos al no ser tratados adecuadamente se presumen pueden ser de gran daño para el medio ambiente y la salud, por su gran cantidad de contaminantes.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Analizar el potencial como materia prima a los residuos de aceites lubricantes generados por el parque automotor, provenientes de talleres en los diferentes sectores de

Ocaña - Norte de Santander, mediante simulación por medio del software Aspen, para un proceso de producción de combustibles líquidos.

#### **1.4.2 Objetivos específicos.**

Estimar la generación de aceites residuales en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Caracterizar muestras seleccionadas de aceite lubricante residual proveniente de talleres automotrices localizados en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, mediante la determinación de propiedades fisicoquímicas.

Identificar las principales variables que inciden en las propiedades del producto final durante el proceso de conversión de aceites residuales en combustibles líquidos forma teórica y numérica. Evaluar el proceso de producción de combustible líquido a partir de los residuos de aceites lubricantes generados por el parque automotor provenientes de talleres en los diferentes sectores de Ocaña, mediante el software Aspen.

#### **1.5 Justificación**

Los aceites usados de automotores se pueden denominar como residuos peligrosos, ya que estos contienen características que dependen de las bases de las cuales son derivados, de sus aditivos y finalmente de los equipos destinados a lubricar.

Teniendo en cuenta cifras del Ministerio de Transporte, en el 2017 el parque automotor fue de 13.149.423 vehículos donde 523.313 solamente son motocicletas(Escobar Serrano et al., 2017), a las cuales se les hace un cambio de aceite cada 45 días aproximadamente, esto quiere decir que son 8 cambios en los 365 días del año, con 900 ml de aceite por cambio, teniendo 188`392.680 L de residuos de aceite por año, este valor vertido en el medio ambiente acarrearía un desastre natural.

El resultado del servicio prestado por estos aceites siempre será el mismo, se adicionan impurezas fisicoquímicas tales como metales, productos orgánicos, solidos que se agregan en pequeña partículas desprendidas por los equipos donde fueron utilizados como lubricantes (Son 12 los residuos más comunes que se agregan en el proceso de desgaste que sufre un aceite en el proceso de lubricación en un motor: azufre, aluminio, hierro, zinc, cobre, entre otros).(Fong Silva, Quiñonez Bolaños, & Tejada Tovar, 2017), esto se obtiene como resultado del proceso de fricción y combustión. También se pueden agregar por la mezcla indebida con otros fluidos o residuos durante su recolección.

Como insoluble se puede definir al aceite de motor usado, a esta característica se puede agregar que es toxico y peligroso ya que contiene metales pesados, por ende su degradación es lenta. Posee una peligrosa cualidad, adherirse a todas las superficies con las cuales entra en contacto, desde agua, tierra, arena, hasta plumas de aves. Debido que los residuos de aceite usado son sumamente contaminantes y peligrosos, el manejo y disposición inadecuada conlleva a graves afectaciones a la salud humana y al medio ambiente.

Con base en todos los análisis y efectos contaminantes del aceite mencionados previamente, se hace necesario buscar alternativas para mitigar dichos efectos, en este sentido se plantea la presente investigación donde lo que se pretende es realizar un estudio que nos permita por medio del software Aspen realizar un análisis referente al aprovechamiento y transformación del aceite de motor usado en combustible, de forma tal que sirva de insumo para el desarrollo de estrategias aplicadas a dicha problemática.

## **1.6 Limitaciones**

Entre las limitaciones del proyecto nos encontramos la poca información de los tipos de aceites en el mercado no se encuentra una aclaración de los componentes ni aditivos utilizados para la fabricación de estos lo cual nos deja en la búsqueda de información la cual tampoco es asequible. La literatura e información referente al tema es muy limitada, la caracterización para las pruebas de laboratorio tiene que ser realizadas en otra ciudad debido a que en Ocaña son escasos los equipos disponibles para esta caracterización lo cual nos dificulta esa parte del proyecto.

## **1.7 Delimitaciones**

**1.7.1 Geográfica.** Este proyecto se desarrolla en los diferentes sectores donde se ubican los talleres de cambio de aceite de automotor en la ciudad de Ocaña Norte de Santander, tomando en cuenta los de mayor influencia para tener un dato de precisión debido

a que en las bases de datos de la ciudad no se encuentran enfocadas para los residuos obtenidos del cambio de aceite.

**1.7.2 Conceptual.** Esto es una referencia de la página de aspentech para dar un concepto claro de lo que es Aspen. “Aspen es un programa de simulación de procesos químicos, que realiza simulaciones de diagramas de flujo, arrojando valores de: estimación de propiedades de compuestos, análisis de sensibilidad de variables de proceso, con estos datos se puede obtener especificaciones de diseño de proceso, síntesis y análisis de procesos químicos, entre otras tareas del diseño de procesos y equipos”(Aspen tech, 1970).

**1.7.3 Operativa.** Este trabajo será realizado con base en el aceite de automotores usado obtenido de los talleres de mayor influencia en Ocaña Norte de Santander, donde luego de tener una muestra de estos residuos realizar un análisis químico de sus componentes y aplicar en el software Aspen Plus lo cual nos permitirá tener un proceso de simulación de una planta de tratamiento y conversión de aceite usado en combustible.

**1.7.4 Temporal.** El tiempo de este proceso depende de la muestra del aceite de automotor usado de la limpieza y extracción de los residuos que se desprenden de los motores y los recipientes donde se almacena el aceite usado. Para luego de su refinación y obtención del aceite limpio se pasa a la operación en la planta simulada por Aspen Plus la cual se encarga del proceso de obtención del combustible mediante la implementación de calor y diferentes procesos químicos los cuales permiten que el combustible sea de buena calidad.

## Capítulo 2 Marco referencial

### 2.1 Marco histórico

Para que un nuevo combustible sea viable comercialmente hay que tener en cuenta la demanda de aceites usados que son tratados para luego ser utilizados como fuente de energía, de los costos generados en el proceso de limpieza, en la mezcla si se realiza con algún tipo de combustible y en el comportamiento de los consumidores a la hora de acceder al nuevo combustible.

El aceite residual al ser tratado ha mostrado gran potencial ya que posee propiedades y características que le brindan una gran capacidad calorífica, esto lo hace apropiado para ser empleado como combustible, al realizarle adecuadas técnicas que lo liberan de partículas y sustancias que lo hacen un residuo peligroso se convierte en una gran y segura alternativa energética, que se puede utilizar como carburante en calderas, fundiciones, hornos entre otros.

Como ya se sabe los aceites residuales son contaminantes peligrosos, claro está que es más peligroso el no tener las técnicas adecuadas para la recolección y disposición de estos residuos y aún más el conocerlas y no aplicarlas, en Europa y Estados Unidos se han desarrollado procesos diferentes para la adecuada disposición de los aceites usados, para los que trabajan con estos aceites residuales se les ha hecho una gran concientización para que dispongan de estos desechos altamente contaminantes(Nu, Rica, & Unidos, 1996).

## 2.2 Marco conceptual

**2.2.1 El aceite lubricante.** El aceite lubricante se utiliza para protección del desgaste causado por el roce entre las piezas de motor de combustión interna, reduciendo la fricción que causa el mayor desgaste entre las piezas del motor, el lubricante cumple la función de ocupar los orificios que se dan entre las piezas del motor y así mantiene su vida útil además de mejorar el rendimiento del motor al reducir las temperaturas de trabajo lo cual genera una disminución en el consumo de combustible (quimiNet, 2006).

Existen dos tipos de aceites los minerales o sintéticos cada uno derivados de una base, los minerales provienen del petróleo, se producen después de múltiples procesos en la planta, los aceites sintéticos son creados de Subproductos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio (quimiNet, 2006).

**2.2.2 Variedades de aceites.** Los aceites minerales se crearon inicialmente con un grado único de viscosidad, que fueron reemplazados luego por los multigrados que se tiene mayor grado de viscosidad luego de calentarse generalmente se conocen por sus representación de 20W50, lo cual quiere decir que cuando el motor se encuentra apagado el porcentaje de viscosidad es de 20 y si se va calentando hasta llegar a la temperatura máxima el aceite asume una viscosidad más alta y gruesa para proteger el motor (quimiNet, 2006).

En el cuidado del motor los aceites sintéticos son mucho más eficientes a la hora de proteger el motor debido a que sus componentes químicos son tratados debidamente en el

laboratorio lo que garantizan un aumento en la cantidad de kilómetros de protección del motor y así un menor desgaste en piezas que se encuentran en movimiento (quimiNet, 2006).

**2.2.3 Alcanos.** Hidrocarburos con compuestos de carbono e hidrogeno de cadena lineal y su fórmula química se expresa como  $C_nH_{2n}$ , se pueden encontrar como carburos saturados. En la familia de los alcanos podemos apreciar un gran grupo de elementos desde el  $C_1H_4$  hasta  $C_{31}H_{64}$ . (quimiNet, 2006).

### **Eicosano**

El eicosano (también llamado icosano) es un elemento convencional que tiene como fórmula química  $C_{20}H_{42}$ , es un alcano y en su estructura se puede encontrar 366.319 isómeros. Se puede ver utilizado especialmente en productos cosméticos, lubricantes y plastificantes.

Es una molécula incolora, no polar, normalmente no es reactivo excepto cuando se quema. En agua es menos denso e insoluble. El hecho de ser no polar significa que los enlaces intermoleculares que puede realizar son débiles (hidrófobo/fuerza de van der Waalss).

El eicosano tiene poco uso en la industria petroquímica, ya que su alto punto de inflamación lo convierte en un combustible ineficiente, para usarse como combustible se debe realizar procesos destilatorios para aumentar esta característica. El *n*-icosano (la cadena

recta estructural del icosano) es el compuesto más corto que se encuentra en la cera de parafina que se usa para formar velas. (Toxnet, 2017)

**2.2.4 Aceites usados.** Los aceites usados generan un gran impacto ambiental debido a que las personas encargadas del cambio de estos residuos no cumplen con las normas y técnicas adecuadas para la extracción y almacenamiento del mismo, debido a su gran concentración de metales y partículas desprendidas de la fricción entre las piezas del motor genera un gran daño en el suelo y las fuentes hídricas donde es arrojado, esto generando un daño ecológico irreparable y sensible para el medio ambiente (C.BRWON & PEÑA GALLO, 2017).

**2.2.5 Recuperación y reciclado de aceites usados.** Los aceites usados que se recuperan se les debe dar un manejo técnico el cual garantizara un uso adecuado, en las diferentes formas de afrontar una mitigación o daño ecológico menor al que produce por sí solo, como la reutilización en la elaboración de mangueras, lubricación de guadañas, material asfáltico, limpieza de calderas, aceites de baja lubricación y biocombustibles

La recuperación y el reciclado son procesos que se relacionan, pero con significativas diferencias. La recuperación es el acto de reacondicionar o recuperar. En ese contexto, el aceite se rescata de la degradación normal. Generalmente involucra limpieza, drenado, colado, secado y adsorción para remover agua, ácidos, lodos y otros contaminantes. La recuperación de aceite es un proceso en su mayoría no químico que restaura un lubricante en servicio a una buena salud mediante la remoción de impurezas.

La recuperación puede y debe hacerse en un sitio apartado de la población para mitigar la probabilidad de contaminación cruzada. Se debe depositar en recipientes plásticos que estén limpios, las locaciones deben ser abiertas y ventiladas para disipar olores fuertes. (C.BRWON & PEÑA GALLO, 2017).

**2.2.6 Residuos peligrosos.** Los residuos peligrosos son aquellos residuos que representan un daño para la salud humana y el medio ambiente, entre los cuales se encuentran los productos farmacéuticos, baterías y aceites usado, que causan un daño incontrolable al ser arrojados a la tierra y a las fuentes hídricas contaminando y causado un daño el cual es casi irreparable por los altos índices de partículas dañinas agregadas que al final poseen, para que esto no ocurra se deben almacenar para poder realizar un proceso de reciclado o deposición segura para evitar esta contaminación (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

**2.2.7 Aspen.** Los desarrolladores realizan una descripción del programa Aspen como, “El software que realiza simulación de procesos químicos, de diagramas de flujo, arrojando valores de: estimación de propiedades de compuestos, análisis de sensibilidad de variables de proceso, con estos datos se puede obtener especificaciones de diseño de proceso.” (Aspen tech, 1970).

En esta investigación mediante el programa aspen, se utilizó el método PR-BM además de utilizar los componentes adecuados para la destilación de aceite.

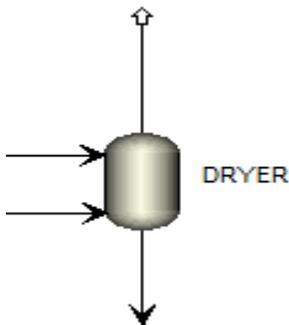
### **Método PR-BM**

El método de propiedad PR-BM, tiene como base la ecuación de estado de Peng-Robinson. El modelo se ha implementado con opciones de diferentes funciones alfa (consulte Funciones alfa de Peng-Robinson) y se ha ampliado para incluir reglas avanzadas de mezcla asimétrica.

Cuando la función alfa avanzada y las reglas de mezcla asimétrica se usan con los parámetros obtenidos de manera apropiada, el modelo de Peng-Robinson se puede usar para modelar con precisión, sistemas químicos polares, no ideales.

Este método es recomendado para aplicaciones al procesamiento de hidrocarburos, en procesos de refinería, gas y petroquímicos.

### Flash (Separador) o Dryer



**Figura 1. Flash (Separador) o Dryer**

**Fuente:** el autor

El bloque flash realiza un cálculo de equilibrio de fase para una división vapor-líquido. La característica "química" de este bloque se puede utilizar para extender el equilibrio de fase

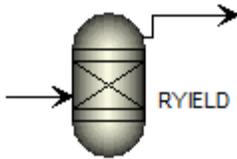
a los sistemas de vapor-líquido-sólido. La opción de agua libre se puede usar para extender los cálculos de equilibrio de fase para incluir una fase de agua libre además de la fase líquida orgánica.

El modelo flash se puede utilizar para simular baterías de flash simples con cualquier número de flujos de alimentación. El modelo también es una buena herramienta para representar condensadores de aspersion, destilaciones de una etapa, condensadores de retroceso, decantadores y otros tipos de equipos que operan efectivamente como una etapa ideal.

El modelo flash supone una división de fase perfecta, pero se puede especificar un factor de arrastre para tener en cuenta el arrastre de líquido en la corriente de vapor. El factor de arrastre es especificado por el usuario, no es calculado por el modelo. Si está disponible una correlación entre la velocidad de flujo de vapor y la velocidad de arrastre, esta correlación se puede aplicar al modelo utilizando un bloque Fortran que lee la velocidad de flujo de vapor calculada por el bloque flash, calcula la velocidad de arrastre y vuelve a escribir la predicción resultante. Al bloque flash. Tenga en cuenta que este enfoque crea un ciclo de información en el modelo que debe converger.

El bloque flash no fracciona la distribución del peso molecular del polímero. En su lugar, se supone que la distribución del peso molecular del polímero en cada corriente de producto es la misma que la corriente de alimentación

### Ryield (Reactor de Rendimiento)

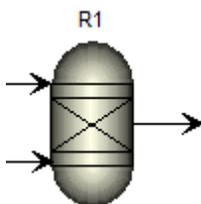


**Figura 2. RYield (Reactor de Rendimiento)**

**Fuente:** el autor

Es el segundo del bloque en la biblioteca de reactores del software, este reactor de rendimiento (RYield), realiza los cálculos basados en el rendimiento de una corriente. Esta herramienta no necesita información puntual sobre la estequiometría o cinética de la sustancia. La salida de la reacción se define con base en el rendimiento en la configuración ingresada en la corriente de entrada, mientras que el rendimiento se define como el mol o la masa de cada componente por masa total ingresada. Los componentes inertes se pueden definir de la misma forma y no se incluirán en el rendimiento. Aquí no se puede calcular el calor de reacción porque la estequiometría de la reacción no es conocida.

### Rgibbs (Reactor de energía libre)



**Figura 3. Rgibbs (Reactor de energía libre)**

**Fuente:** el autor

Herramienta que modela el equilibrio químico monofásico, o el equilibrio simultáneo de fases y químicos. En los datos de entrada se debe especificar la temperatura y presión del reactor, o la presión y la entalpía. Este modelo no requiere una equivalencia en la composición química o estequiometría de reacción. No es necesaria la reacción química para determinar el equilibrio de fase, particularmente para múltiples fases líquidas. Se puede ingresar simultáneamente corrientes de varias fases líquidas.

Permite el modelado de sólidos como especies condensadas individuales y como fases de solución sólida. También puede asignar componentes para que estén en fases particularmente en equilibrio. Puede utilizar diferentes modelos de propiedades para cada fase de solución líquida o sólida.

Esta capacidad hace que el reactor sea particularmente útil para:

- Aplicaciones pirometalúrgicas.
- Modelado de cerámicas y aleaciones.

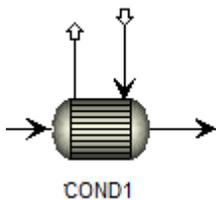
El reactor acepta especificaciones de equilibrios restringidos. Puede restringir el equilibrio especificando:

- Moles fijos de cualquier producto.
- Porcentaje de un componente de alimentación que no reacciona
- Acercamiento de la temperatura al equilibrio para todo el sistema.

- Enfoques de temperatura para reacciones individuales.
- Extensiones fijas de reacción.

El modelo que es utilizado en este reactor es la técnica de minimización de energía libre de Gibbs (Físico Josiah Willard Gibbs) que determina la composición de cada fase. Este algoritmo no puede predecir el producto de las reacciones de polimerización en equilibrio. Sin embargo, el modelo puede predecir el equilibrio de la fase del polímero. El algoritmo de equilibrio de fase de reactor de energía libre supone que la composición y la distribución del peso molecular de un componente de polímero son igual en cada una de las fases del producto. Los atributos de componente de clase 2 del componente de polímero se establecen en proporción al flujo de masa del componente de polímero en cada una de las fases del producto. Las velocidades de flujo másico en las fases del producto se establecen mediante el algoritmo de minimización de energía libre de Gibbs.

### Condensador



**Figura 4. Condensador**

**Fuente:** el autor

Herramienta que puede realizar estos tipos de cálculos:

- Diseño de atajo o simulación

Para el acceso directo en el método, siempre se utiliza un valor especificado (o predeterminado) para no tener errores con el coeficiente de transferencia de calor global.

- Clasificación detallada o simulación para la mayoría de los tipos de intercambiadores de calor de dos corrientes

El método detallado, utiliza correlaciones rigurosas de transferencia de calor, para los coeficientes de película y combina las resistencias debidas, a las películas laterales de la carcasa y del tubo con la resistencia de la pared, para calcular el coeficiente de transferencia de calor general. Es necesario conocer la geometría para usar el método detallado.

- Diseño, clasificación o simulación rigurosos mediante la interfaz con los programas de diseño y clasificación (EDR) de Aspen Exchanger: carcasa y tubo, aire refrigerado o placa.

Los métodos rigurosos utilizan modelos EDR, para los coeficientes de película y combinan las resistencias debidas a las películas en cada lado de la pared, con la resistencia de la pared, para calcular el coeficiente de transferencia de calor global. Hay varios métodos diferentes para diferentes programas de EDR. Se debe especificar el nombre del archivo de entrada para este programa.

La principal diferencia entre los métodos de cálculo, es el procedimiento para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor global.

Se debe especificar las corrientes de entrada caliente y fría, además de cada una de estas especificaciones de rendimiento para el intercambiador de calor:

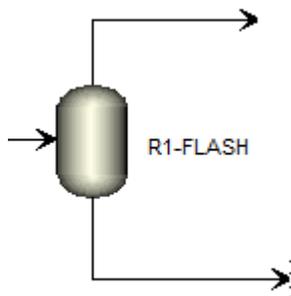
- Temperatura de salida o cambio de temperatura de la corriente caliente o fría.
- Fracción de vapor molar de la corriente caliente o fría.
- Grado de sobrecalentamiento (sub-enfriamiento) de corriente fría (caliente)
- Área de transferencia de calor superficial
- UA como opcional si falta el área de transferencia de calor
- Enfoque de temperatura en la salida de la corriente caliente o fría

Con el software se puede modelar una amplia variedad de tipos de intercambiadores de calor de carcasa y tubos, que incluyen:

- Contracorriente y co-corriente
- Deflectores segmentarios TEMA E, F, G, H, J y X conchas
- Barra deflectora TEMA E y F conchas.
- Tubos desnudos y de aletas bajas.

Además, se puede realizar un análisis de zona completa, con coeficiente de transferencia de calor y estimación de caída de presión para corrientes monofásicas y bifásicas. Para realizar rigurosos cálculos de transferencia de calor y caída de presión, se debe suministrar la geometría del intercambiador.

## Flash (Separador)



**Figura 5. Flash (Separador)**

**Fuente:** el autor

El bloque flash realiza un cálculo de equilibrio de fase para una división vapor-líquido. La característica "química" de este bloque se puede utilizar para extender el equilibrio de fase a los sistemas de vapor-líquido-sólido. La opción de agua libre se puede usar para extender los cálculos de equilibrio de fase para incluir una fase de agua libre además de la fase líquida orgánica.

El modelo flash se puede utilizar para simular baterías de flash simples con cualquier número de flujos de alimentación. El modelo también es una buena herramienta para representar condensadores de aspersion, destilaciones de una etapa, condensadores de retroceso, decantadores y otros tipos de equipos que operan efectivamente como una etapa ideal.

El modelo flash supone una división de fase perfecta, pero se puede especificar un factor de arrastre para tener en cuenta el arrastre de líquido en la corriente de vapor. El factor

de arrastre es especificado por el usuario, no es calculado por el modelo. Si está disponible una correlación entre la velocidad de flujo de vapor y la velocidad de arrastre, esta correlación se puede aplicar al modelo utilizando un bloque Fortran que lee la velocidad de flujo de vapor calculada por el bloque flash, calcula la velocidad de arrastre y vuelve a escribir la predicción resultante. Al bloque flash. Tenga en cuenta que este enfoque crea un ciclo de información en el modelo que debe converger.

El bloque flash no fracciona la distribución del peso molecular del polímero. En su lugar, se supone que la distribución del peso molecular del polímero en cada corriente de producto es la misma que la corriente de alimentación.

**2.2.8 Destilación.** La destilación es un proceso que se ha venido realizando desde antes de la llegada de Cristo, lo cual ha facilitado su evolución y aplicación a diversos procesos de recuperación y obtención de productos derivados de la destilación. En la actualidad, también se pretende utilizar esta técnica para la recuperación de residuos peligrosos que ayuden al cuidado y mitigación del daño ambiental producido por el vertimiento de estos desechos al medio ambiente (destillatio, 2013).

**2.2.9 ASTM D86 – 18: Método de prueba estándar para la destilación de productos petrolíferos y combustibles líquidos a presión atmosférica.** “Este método de prueba cubre la destilación atmosférica de productos de petróleo y combustibles líquidos utilizando una unidad de destilación por lotes de laboratorio para determinar cuantitativamente las características del rango de ebullición de productos como los destilados

medios y ligeros, combustibles para motores de encendido por chispa de automóviles con o sin compuestos oxigenados, gasolinas de aviación, combustibles de turbinas de aviación, combustibles diésel, mezclas de biodiesel hasta 20%, combustibles marinos, aguardientes especiales de petróleo, naftas, aguardientes blancos, querosenos y combustibles para quemadores de los grados 1 y 2” (“ASTM D86 - 18 Método de prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica,” 2012) .

**2.2.10 ASTM D2892 - 18a: Método de prueba estándar para la destilación de petróleo crudo (columna de placa teórica 15).** “Este método de prueba cubre el procedimiento para la destilación de petróleo crudo estabilizado a una temperatura de corte final de 400 ° C Temperatura equivalente en la atmósfera (AET). Este método de prueba emplea una columna de fraccionamiento que tiene una eficiencia de 14 a 18 placas teóricas operadas a una relación de reflujo de 5: 1. Se especifican criterios de rendimiento para el equipo necesario. Algunos ejemplos típicos de aparatos aceptables se presentan en forma esquemática. Este método de prueba ofrece un compromiso entre la eficiencia y el tiempo para facilitar la comparación de los datos de destilación entre los laboratorios” (“ASTM D2892 - Método de prueba estándar de 18a para la destilación de petróleo crudo (columna de placa teórica 15),” 2018) .

**2.2.11 Espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (Ftir).** Técnica que se utiliza para la caracterización de diferentes compuestos, es de gran ayuda para identificar los principales grupos funcionales que están presentes en las muestras.

Esta técnica es sensible a la estructura ya que por medio de infrarrojos reflejan las principales vibraciones características presentes en los grupos de átomos, por lo que es mayormente empleada para identificar especialmente los grupos orgánicos (labte, 2013).

### **2.3 Marco teórico**

La fundamentación para la elaboración de este proyecto se dan en encontrar una alternativa para reducir el daño ecológico y ambiental que se presentan por uso de galones de aceites utilizados en el año aproximada mente 50 millones de galones anuales son consumidos en Colombia(Técnico et al., 2014).viendo esto como una alternativa de investigación para realizar una mitigación si los resultados obtenidos son los esperados para contribuir al cuidado del medio ambiente.

**2.3.1 Aceite usado tratado.** Los aceites usado tratados son aquellos aceites que se le da un proceso de limpieza y extracción de residuos y materiales adquiridos para el descaste de las piezas en contacto esto se logra utilizando diversos métodos como el filtrado y la decantación las cuales son de mucha ayuda para lograr esta limpieza estos aceites puedes luego de este proceso ser utilizados en diversos fines que ayudan a la mitigación y daño ambiental generado por los mismos(Técnico et al., 2014).

**2.3.2 Aprovechamiento.** Luego delos tratamientos realizados al aceite usado su aprovechamiento es casi in mediato debido al uso en diferentes industrias o fábricas que son de gran utilidad para mantener equipos de bajo requerimiento de lubricación y en la limpieza

de hornos calderas las cual aprovecha el bajo poder calorífico para la limpieza de las mismas así mismo podemos darnos cuenta que los aceites usado son aprovechados en muchas más actividades que evitan que sean arrojados o mal desechados y contaminen(Técnico et al., 2014).

**2.3.3 Almacenamiento.** Este seda por disposición del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005 el cual regula las disposiciones de almacenamiento en lugares o sitios autorizados por una cierta capacidad de tiempo para luego llegar a su disposición final(Técnico et al., 2014).

## **2.4 Marco legal**

Para el análisis respecto a la normativa ambiental, fue necesario consultar diferentes fuentes legales que sustentan el estudio a realizar; aquí se hace referencia a los pactos y leyes que rigen estas normativas.

### **El pacto global de las naciones unidas.**

El cual invita a las corporaciones empresas públicas y privadas al cuidado el medio ambiente promedio de 10 pactos(pacto global, 1999).

### **Constitución política de Colombia**

**Art.79** en lo que se muestra que “Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”(Asamblea Nacional Constituyente, 1991).

### **Ley 9 de 1979**

Se da la regulación de la descarga de residuos y materiales que afectan las condiciones del medio ambiente y el funcionamiento de las descargas en las distintas fuentes hídricas y vertederos de las ciudades y municipios del país(Congreso De La Republica de colombia, 2008).

### **Ley 99 de 1993. Ley nacional ambiental.**

Se presentan las normativas y leyes establecidas para el cuidado del medio ambiente, la investigación científica, esto para la incorporación y uso de los aceites usados es posible coordinar esto entre el ministerio de medio ambiente, ministerio de minas y energía y vivienda y desarrollo(Congreso De La Republica de colombia, 2008).

### **Ley 253 de 1996**

En donde se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación(Congreso De La Republica de colombia, 1996).

**Política para gestión integral de residuos sólidos.**

Esta política intenta reglamentar y mitigar los efectos contaminantes y dañinos producidos por los residuos peligrosos, los cuales son recolectados por las empresas de aseo en las diferentes ciudades y municipios del país (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

**Decreto 283 de 1960. Combustibles líquidos derivados del petróleo.**

Este decreto reglamenta la implementación de técnicas de manejo ambiental adecuado para el cambio de aceites y filtros en cada uno de los establecimientos que lo realizan(MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 1990).

**Resolución 189 de 1994. Que define a los residuos peligrosos.**

“Se denomina residuo peligroso aquél que por sus características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, radioactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueda causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos”(ministerio de medio ambiente, 1994).

**Resolución 1170 de 1997. Manejo de tanques de almacenamiento y riesgos en suelo y cuerpos de agua.**

Esta resolución habla sobre el tratado, instalación y uso de los tanques de almacenamiento en estaciones de servicio, lavaderos y bodegas las cuales deben tener una regulación de uso y retiro para no perjudicar las fuentes de agua con los residuos que este puede arrojar al suelo y a estas fuentes de agua(Ministerio del Medio Ambiente, 1997).

## **Capítulo 3 Metodología**

### **3.1 Tipo de investigación**

Se realizó una investigación donde se pretende resaltar la simulación y realización de una destilación, teniendo en cuenta que el proceso está dirigido a la reutilización de un residuo contaminante y peligroso como lo es el aceite residuo de motor.

Esta investigación es mixta debido a la recolección de información y análisis de muestras en el laboratorio de química de la UFPSO.

### **3.2 Etapas del proyecto.**

#### **Fase I.: Recolección Del Potencial De Aceite Usado En Ocaña Norte De Santander.**

En Ocaña Norte de Santander como en muchos municipios hay información muy baja del potencial y tipo de aceites que se desechan, debido a esto es necesario realizar una investigación más profunda, que nos brinde datos reales del potencial que existe en el municipio, para obtener un dato real de la problemática que el aceite residual está causando en Ocaña Norte de Santander se desarrollan las siguientes actividades.

##### **a. Solicitud de la cantidad del parque automotor a tránsito y transporte municipal.**

**b. Creación de encuesta informativa para relacionar la cantidad de aceite usado.**

**c. Visita y recolección de la información que se planteó en el formato de encuesta para los datos requeridos.**

**Fase II.: caracterización del aceite recolectado en los talleres más influyentes en la ciudad de Ocaña Norte de Santander.**

Dada la poca información que se brinda en la bibliografía y artículos revisados sobre las características y tipos de aceites minerales, es necesario realizar una caracterización de los aceites recolectados; para obtener un dato aproximado de su composición físico-química y avanzar en el proceso de simulación en el programa Aspen, esto se lleva a cabo con las siguientes actividades.

**a. Recolectar las muestras necesarias para su estudio.**

**b. Realizar pruebas de laboratorio a las muestras.**

**Fase III.: Identificar las principales variables que Inciden en las propiedades del Producto final mediante el programa Aspen.**

Aspen es un programa que nos permite la facilidad de escoger métodos y componentes a utilizar en el proceso de destilación, lo cual nos da la ventaja de agregar reactivos químicos

que nos brindan características y familias adecuadas; dentro de sus parámetros y relaciones de manejo, para ello se ejecutaran las siguientes actividades.

- a. Simular el proceso en Aspen de forma teórica y numérica.**
  
- b. Evaluar los resultados obtenidos en los tiempos generados para el programa.**
  
- c. Simulación del proceso en el programa Aspen con base en los resultados de la caracterización.**

**Fase IV.: Evaluar el proceso de producción de combustible a partir de los aceites de los talleres en los diferentes sectores de Ocaña.**

Una vez obtenido el análisis de las muestras y aplicar el proceso de destilación en el laboratorio y en el programa Aspen, se facilita con los resultados tener claro cuál es el potencial y cantidad de residuos que se producen en el municipio, con lo cual se realizara la evaluación del potencial de producción con las actividades en cada uno de los procesos.

- a. Por medio de destilación**
  
- b. Por medio del software Aspen.**

### 3.3 Presupuesto

En la tabla 1 se puede observar los elementos utilizados para la ejecución de una manera desglosada y clara para su comprensión, del mismo modo se puede ver los valores y presupuestos que se hicieron necesarios para el desarrollo de esta investigación.

**Tabla 1. Presupuesto**

RUBRO	FUENTE		CONTRAPARTIDA	TOTAL
	Efectivo	Efectiv	Especi	
<b>EQUIPOS - HERRAMIENTAS</b>			<b>X</b>	<b>-</b>
<b>LICENCIAS DE SOFTWARE</b>			<b>X</b>	<b>-</b>
<b>REACTIVOS Y MATERIAL DE</b>			<b>X</b>	<b>400.000</b>
<b>MATERIALES E INSUMOS</b>			<b>X</b>	<b>200.000</b>
<b>PAPELERÍA Y ÚTILES DE</b>			<b>X</b>	<b>100.000</b>
<b>SALIDAS DE CAMPO</b>			<b>X</b>	<b>400.000</b>
<b>SERVICIOS TÉCNICOS</b>			<b>X</b>	<b>-</b>
<b>DOCUMENTACIÓN Y</b>			<b>X</b>	<b>-</b>
<b>ANÁLISIS Y PRUEBAS DE</b>			<b>X</b>	<b>2.500.00</b>
<b>GASTOS DE VIAJE</b>			<b>X</b>	<b>300.000</b>
<b>IMPREVISTOS</b>			<b>X</b>	<b>150.000</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4.050.00</b>

**Fuente:** el autor

1) Mechero, Balón de Destilación, Refrigerante de serpentín, Vaso recolector, Erlenmeyer, Manguera, Encendedor. 2) Computador, Calculadora, 1/2. 3) No utilizado. 4) Plataforma ESCOPUS. 5) Viaje a Laboratorio UPB.

### 3.4 Cronograma de actividades

En la tabla 2 se muestran los tiempos de ejecución del proyecto de investigación con sus actividades y etapas de realización.

**Tabla 2. Actividades**

2018													
FASE I	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
a.		■											
b.					■								
c.						■							
2018													
FASE II	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
a.										■			
b.										■			
2019													
FASE III	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
a.		■											
b.						■							
2019													
FASE IV	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
a.		■											
b.		■											

**Fuente:** el autor

#### **Capítulo 4 Desarrollo del proyecto por medio de las actividades propuestas.**

En este capítulo se lleva acabo el desarrollo de las actividades propuestas para cada uno de los objetivos planteados, a través de recolección y aplicación de cada una de estas actividades.

Se solicitó información a la oficina de tránsito y transporte municipal de Ocaña, (revisar figura 1), que brinda un valor aproximado del parque automotor local, esto debido al libre tránsito vehicular que por ser zona de frontera posee el municipio lo cual repercute en el alto índice de vehículos no registrados, en función de esta cifra, se seleccionó un número de talleres del municipio encargados del cambio de aceite, con el fin de obtener un dato más preciso del número de residuos de aceite de automotor que se produce y se solicitó muestras de 0.18 L (180 ml) para realizar pruebas de destilación, esto para tener claro que; la cantidad de contaminación que se crea es muy alta y la educación sobre cada una de las normas y daños ambientales producidos por estos residuos es prácticamente nula.

Es importante destacar que las diferentes pruebas de destilación se efectuaron de acuerdo a las normas ASTM D86 – 18 y ASTM D2892 - 18<sup>a</sup> (revisar marco conceptual 2.2.9 y 2.2.10) direccionadas a la destilación de aceite mineral y residuos petrolíferos; mediante diferentes protocolos de manejo de equipos y elementos de seguridad del laboratorio de química de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se realizaron las diferentes pruebas de laboratorio.

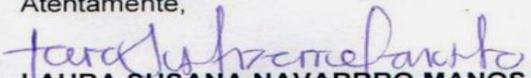
Actualmente existen diferentes programas para la simulación de diferentes tipos de procesos que ayudan en los cálculos para el montaje de quipos y arrojan resultados muy cercanos a una producción real. Aspen no es una excepción, gracias a esta investigación se puede constatar que por medio de este programa se podría implementar una planta con elementos adecuados para la destilación y recuperación de aceites residuos de motor, hacer un plan de mercado donde se evidencia las cantidades posibles de residuo producidas por el municipio y con estos datos calcular el posible combustible que se puede obtener.

Mediante el programa Aspen se realiza simulación del proceso de destilación de aceite en alta escala, teniendo en cuenta características químicas necesarias en el sistema para la obtención de combustible.

#### **4.1 Fase I.: Recolección Del Potencial De Aceite Usado En Ocaña Norte De Santander.**

Se muestra la información solicitada a tránsito y transporte municipal para poder recolectar la cantidad del parque automotor registrada en Ocaña (Revisar figura 6), lo cual nos brinda un valor aproximado debido al alto índice de vehículos no registrados que ingresan del vecino país, por la influencia fronteriza que permite el libre tránsito vehicular. Seguidamente se diseña y ejecuta la recolección de información mediante encuesta (Revisar figuras 7-8), de cada uno de los establecimientos, que entre sus actividades está el cambio de aceite residuo de motor, con el fin de obtener datos más precisos de la cantidad de aceite residuo de automotor que se produce; la información respecto a ubicación, nombre y propietario de estos establecimientos, se encuentra tabulada en la tabla 3.

Con los datos recolectados se quiere estimar gráfica y porcentual (Revisar Figuras 10-16) el volumen de venta, cambio de aceite, así como el manejo y conocimiento respecto a la normativa referente a este tipo de residuos, lo cual evidenció que el entendimiento de estos últimos aspectos es prácticamente nulo; estos datos solo se tomaron con el fin de tener una perspectiva de lo que ocurre en Ocaña, dejando la puerta abierta a futuras investigaciones y proyectos interdisciplinarios que ayuden a concientizar y mitigar el impacto ambiental que genera cada uno de los factores aquí indicados.

<b>Secretaría de Movilidad y Tránsito</b>		 ALCALDÍA MUNICIPAL	
1000.1001-0409 Ocaña, 04 de Abril de 2018		<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b> Radicado: 002542 Fecha: 13-ABR-18 09:12:43 Destino: PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA M Usuario: Viany Karina Reyes Ascaric www.ufpsco.edu.co	
Señor <b>JHON AREVALO TOSCANO</b> Director de Plan de Estudios de Ingeniería Mecánica Universidad Francisco de Paula Santander- Ocaña Ciudad			
Cordial saludo			
Asunto: respuesta a solicitud de información			
En respuesta al oficio No. O-AC-PIM-0154 de y al Radicado de la referencia de fecha 22 de marzo de 2018 y recibido en esta Secretaría el 23 del mismo mes y año, con Radicado Interno No. 0711, me permito comunicarle que según información del <b>Coordinador General UT AS JAIRO GABRIEL RINCON PALLARES</b> , manifiesta que una vez revisada la base de datos en el sistema se pudo verificar que el parque automotor de Ocaña está compuesto por un total de 40.543 vehículos distribuidos de la siguiente manera:			
AUTOMOVIL	3.279	BUS	65
BUSETA	81	CAMION	1.124
CAMIONETA	1.716	CAMPERO	994
CUATRIMOTO	12	MICROBUS	208
MOTOCARRO	114	MOTOCICLETA	32.788
MOTOTRICICLO	5	TRACTOCAMION	17
VOLQUETA	140		
Atentamente,  <b>LAURA SUSANA NAVARRRO MANOSALVA</b> Secretaria de Movilidad y Tránsito Proyecto: Wendy Lorena Urquijo			
Ocaña, Norte de Santander AV.CIRCUNVALAR CRA 11 No 19-332 Teléfono 5622500 – <a href="mailto:movilidad@ocana-nortedesantander.gov.co">movilidad@ocana-nortedesantander.gov.co</a> Código Postal 546552			

**Figura 6. Parque automotor de Ocaña**

**Fuente: Secretaria de Tránsito y Transporte**

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS DIFERENTES ALMACENES, TALLERES Y ESTABLECIMIENTOS DE VENTA Y/O CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR, LOCALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

OBJETIVO: INVESTIGAR EL USO Y TRATAMIENTO DADO A LOS RESIDUOS OBTENIDOS DEL CAMBIO DEL ACEITE DE MOTOR.

ENCUESTA REALIZADA POR ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y SUPERVISADA POR LOS DOCENTES ADSCRITOS AL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO SECCIONAL OCAÑA.

Taller: \_\_\_\_\_ Dirección: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es el volumen semanal de venta de envases de aceite de motocicletas y automóvil por unidad. ?

- a. 1 a 30 unidades.
- b. 31 a 60 unidades.
- c. 61 a 90 unidades
- d. Cantidad \_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos cambios semanales de aceite de motocicletas y automóvil realiza?

- e. 1 a 30
- f. 31 a 60
- g. 61 a 90
- h. Cantidad \_\_\_\_\_

3. ¿Qué hace usted con los residuos obtenidos del cambio de aceite de motor?

- a. Lo almacena
- b. Lo arroja al drenaje
- c. Lo regala
- d. Le da un uso distinto, describa ese uso \_\_\_\_\_



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

## Figura 7. Formato de encuesta página 1

Fuente: El autor

4. ¿Qué cantidad de aceite de motor usado obtenido mensualmente en galones en su taller?
- a. 1 a 30 galones.
  - b. 31 a 60 galones.
  - c. 61 a 90 galones.
  - d. Cantidad \_\_\_\_\_
5. Sabe usted si existen empresas encargadas de la recolección de aceite usado y son utilizadas por usted conforme a su respuesta, indique según corresponda.
- a. Sí, pero no tenía idea que recolectaban en Ocaña
  - b. No tenía idea que estas empresas existían
  - c. Sí, pero no las utilizo. Puede explicar brevemente por qué no utiliza estos servicios: \_\_\_\_\_
  - d. No, pero si me gustaría utilizarla
6. Tiene usted conocimiento de los efectos contaminantes que generan los residuos de hidrocarburos para el medio ambiente.
- a. Si
  - b. No
7. ¿Si se realizara una capacitación sobre como almacenar el aceite usado, los empezaría a recolectar?
- a. Si
  - b. No



---

Vía Acosure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

---

## Figura 8. Formato de encuesta página 2

Fuente: el autor

**Tabla 3. Información de los Talleres**

<b>NOMBRE REPRESENTANTE</b>	<b>DIRECCION</b>	<b>NOMBRE TALLER</b>
<b>Lisandro Claro</b>	Cra 16 n. 4-102	Kalimotos
<b>Ever Carrascal</b>	Cra 16 n. 5a-24	-
<b>Carlos Navarro</b>	Cll 4 n. 20-5	Camimotos
<b>Yimi Claro</b>	Cll 4 n. 20-27	El pollo
<b>Luis Torres</b>	Cll 4 n. 20-50	Montallantas el michelin
<b>Hernando Claro</b>	Cll 4 n. 27b-07	Motorrepuestos ocaña
<b>Jaime Lezon</b>	Cll4 n. 21-03	Tenirepuestos jbo
<b>Julian Amaya</b>	Iglesia san rafael	Moto estod
<b>Mayerlis Cañizares</b>	Cra 28b n. 8-49	Moto ocaña
<b>Adrian Quintero</b>	Circunvalar	Adrianchos
<b>Fany Lazaro</b>	Circunvalar	Motorepuestos lazaro
<b>Eduar Pacheco</b>	Circunvalar	Eduar motos
<b>Jesus Claro</b>	Circunvalar	Motorrepuestos a la balinera
<b>Karina Jaime</b>	Kdx 091-140	Motorrepuestos garcia jaime
<b>Beimar Gaona</b>	Circunvalar	Parqueadero
<b>Numar Ramirez</b>	Numar motos	Kdx 333-340
<b>Jorge Guerrero</b>	Kdx 3133-240	Jorge guerrero
<b>Hurielson Mora</b>	Tractomulas la circunvalar	Kdx 411-370
<b>Gabriel Jacome</b>	Cra 11 n. 15-150	Montallantas la piñuela
<b>Fernand Lopez</b>	Cra 11 n. 19-188	Almacen de repuestos z
<b>Ciro Castillo</b>	Cll 10 n. 15a-17	Tecnicentro san agustin
<b>Felisa Cabrales</b>	Cll 11 n. 14-27	Almacen dismotos
<b>Fredy Galvan</b>	Cra 7 rotina	El popular bocadillo
<b>Pacheco</b>	Cra 7 n. 18-43	Pacheco
<b>Jorge Perez</b>	El llano	Santa barbara

---

<b>Karen Ramos</b>	La rotina	Todo llantas
<b>Hernesto Velasquez</b>	Cll 7 n. 28-85	Credimotos ocaña
<b>Luis Quintero</b>	La ondina	Hacaritama
<b>Julian Arevalo</b>	Cll 27 n. 44-03	Cootransunidos
<b>Andres Mercado</b>	Santa clara	El chasis
<b>Hernando Torres</b>	La gloria	Tecnichasis
<b>Jorge Velasquez</b>	Cra 10 n. 14-38	Unimotos
<b>Alfonso Rosso</b>	Cra 10 n. 14-137	Toyocenter
<b>Darwin Ortiz</b>	Tacaloa	Moto taller darwin
<b>Adalberto Gutierrez</b>	Cra 7 n. 15-36	Almacen ivan motos
<b>Sergio Marquez</b>	Cra 7 n. 16-03	Todomoto
-	Cra 7 n. 16a 24	Motorepuestos ocaña
<b>Weimar Collantes</b>	Cra 7 n. 16b-13	Motorepuestos caval
<b>Jorge Montagut</b>	Cra 7 n. 19-72	Ocaña racing
<b>Francisco Caicedo</b>	Cra 7 n. 17-23	Pacho
<b>Angel Alvarez</b>	Cra 7 los almendros	San jose
<b>Cristian becerra</b>	Los almendros	Taller yelimotos
<b>Ana Maria Gómez</b>	Cra 7 n. 19a-19	Reuestos y partes 757
<b>Marlon Arévalo</b>	Cra 7 n. 23-40	Lubrillantas ocaña
<b>Rubiela Lemus</b>	Cra 7 n. 23-42	La casa del lubricante

---

**Fuente:** el autor

**Representación gráfica de datos según encuestas realizadas a los diferentes talleres existentes en Ocaña N.S.**

**¿Cuál es el volumen semanal de venta de envases de aceite de motocicletas y automóvil por unidad?**

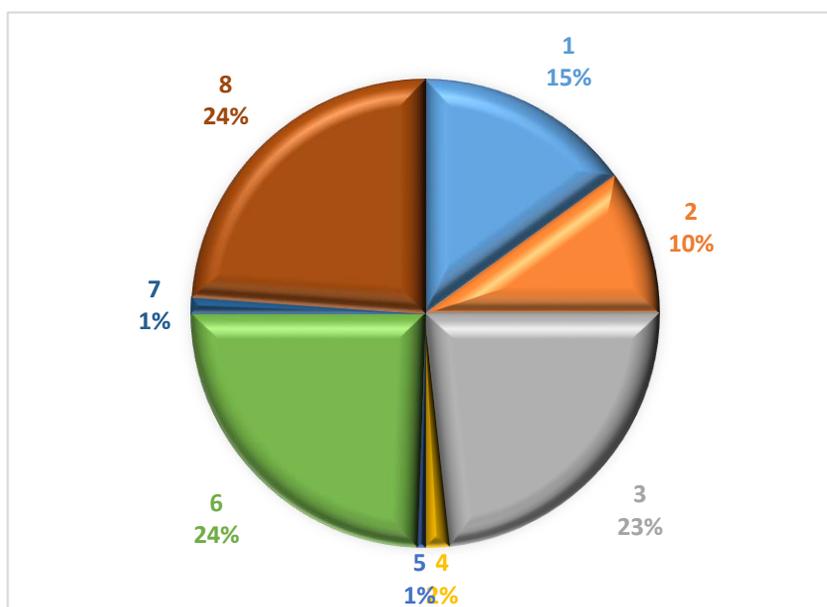
**Volumen semanal de venta (VSV)**

VSV 1-30	
SI	27
NO	18

VSV 31-60	
NO	42
SI	3

VSV 61-90	
SI	1
NO	44

VSV Otro	
SI	2
NO	43



**Figura 9. Volumen semanal de venta**

**Fuente:** el autor

## ¿Cuántos cambios semanales de aceite de motocicletas y automóvil realiza?

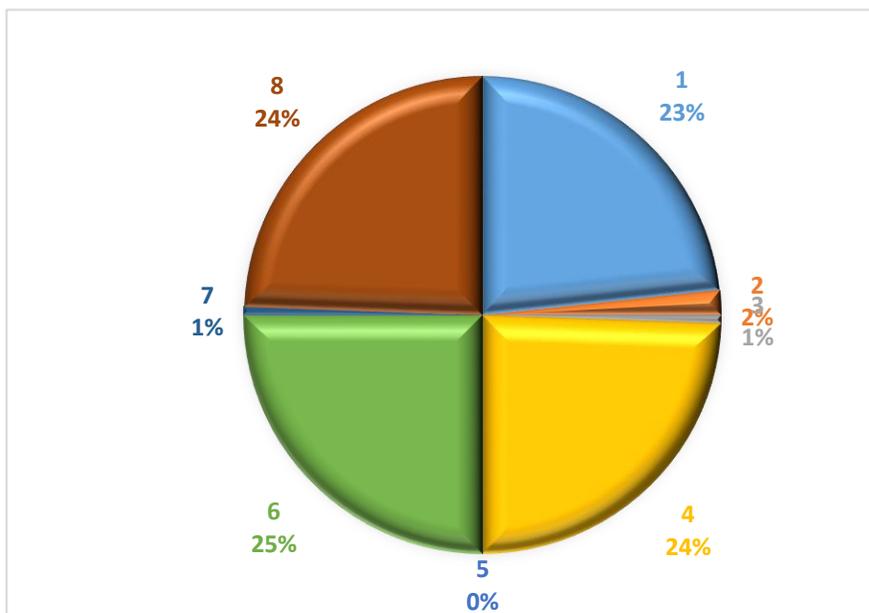
### CCS: Cuantos cambios semanales

CSC 1-30	
SI	42
NO	3

CSC 31-60	
SI	1
NO	44

CSC 61-90	
SI	0
NO	45

CSC Otro	
SI	1
NO	44



**Figura 10. Cuantos cambios semanales**

**Fuente:** el autor

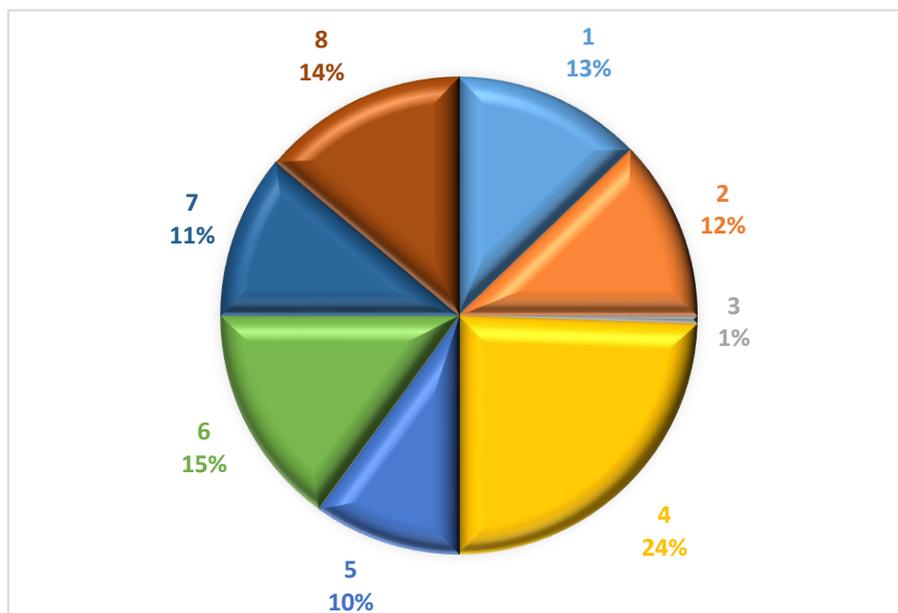
### ¿Qué hace usted con los residuos obtenidos del cambio de aceite de motor?

ALMACENA	
SI	23
NO	22

DRENAJE	
SI	1
NO	44

REGALA	
SI	18
NO	27

OTRO	
SI	20
NO	25



**Figura 11. Observación datos respuesta disposición de residuos**

**Fuente:** el autor

¿Qué cantidad de aceite de motor usado obtenido mensualmente en galones en su taller?

### CAOM: Cantidad Aceite Obtenido Mensualmente

CAOM 1-30	
SI	39
NO	6

CAOM 31-60	
NO	42
SI	3

CAOM 61-90	
SI	1
NO	44

CAOM OTRO	
SI	1
NO	44

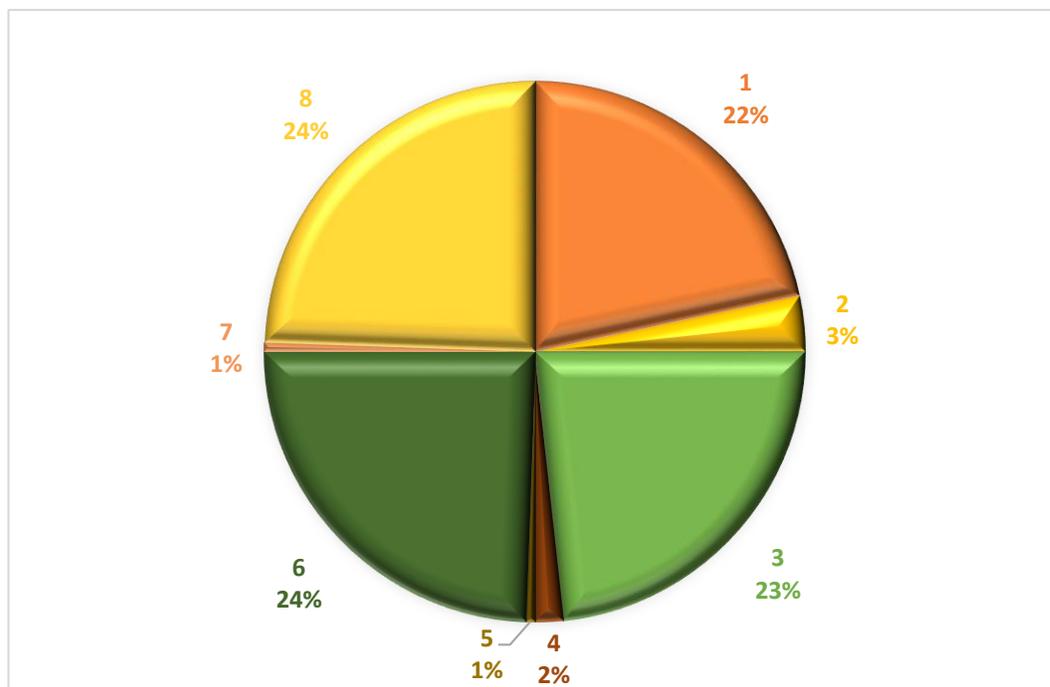


Figura 12. Cantidad aceite obtenido mensualmente

Fuente: el autor

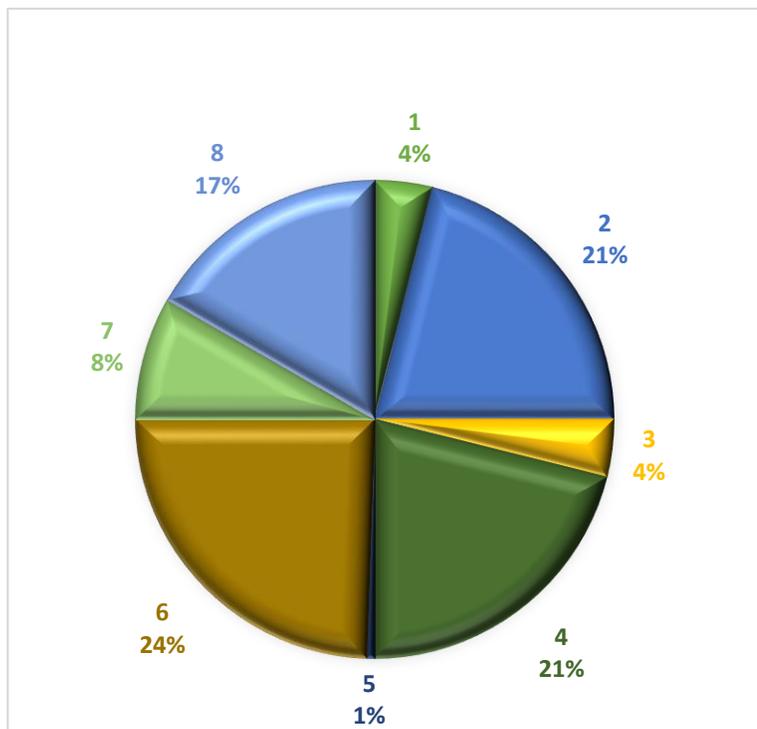
**¿Sabe usted si existen empresas encargadas de la recolección de aceite usado y son utilizadas por usted conforme a su respuesta, indique según corresponda?**

Si pero no tenía idea que recolectaban en Ocaña	
SI	7
NO	38

no tenía idea que recolectaban en Ocaña	
SI	7
NO	38

Sí, pero no utilizo	
SI	1
NO	44

No, pero me gustaría utilizar	
SI	15
NO	30



**Figura 13. Observación datos respuesta a empresas recolectoras de aceite**

**Fuente:** el autor

¿Tiene usted conocimiento de los efectos contaminantes que generan los residuos de hidrocarburos para el medio ambiente?

Conocimiento daño ambiental	
SI	37
NO	8

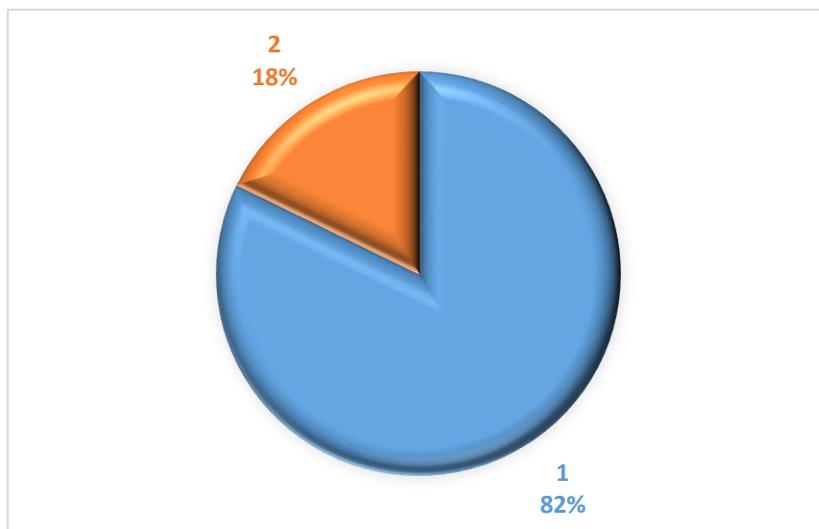


Figura 14. Observación datos respuesta daño ambiental producido

Fuente: el autor

¿Si se realizara una capacitación sobre como almacenar el aceite usado, los empezaría a recolectar?

Capacitación	
SI	44
NO	1

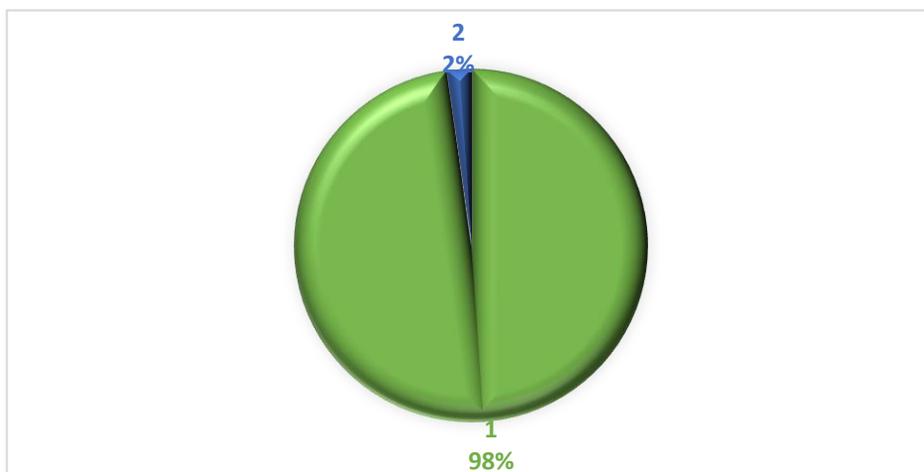


Figura 15. Observación datos respuesta a futura capacitación

Fuente: el autor

Como se muestra en la figura 11 dentro de los establecimientos encuestados el 13% realiza acciones adecuadas respecto al residuo obtenido en cada cambio, mientras un 24% no lo desecha directamente por las redes de alcantarillado, lo que constituye un 37% de manejo aparentemente apropiado de los residuos de aceite de motor. Por otra parte, se puede apreciar que el 63% de estos establecimientos no conocen los estándares adecuados para la recolección y almacenamiento de este tipo de residuos peligrosos.

Se seleccionó un número de talleres del municipio que entre sus actividades está el cambio de aceite, con el fin de obtener un dato más preciso del número de residuos de aceite automotor que se produce para tener una mayor claridad en los efectos contaminantes que puede generar esta actividad, así como el nivel de conocimiento relacionado sobre cada una de las normas y daños ambientales producidos por estos residuos, el cual de acuerdo a los resultados es prácticamente nula. Es de resaltar que estos datos solo se tomaron con el fin de tener una perspectiva de lo que ocurre en Ocaña N.S y posiblemente en muchas partes del país, dejando la puerta abierta a futuras investigaciones y proyectos interdisciplinarios que ayuden a concientizar y mitigar el impacto ambiental que genera cada uno de los factores aquí indicados.

### **Estimar la generación de aceites residuales en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.**

Mediante la ecuación 1 se calcula la obtención de litros de aceite residual de motocicletas del parque automotor según datos de secretaría de tránsito.

$$N * CL * D * M = n \text{ Ecuación 1}$$

N = Motocicletas (Fig.6 total motocicletas)

CL= Cambio de aceite en litros (0.9 L) (Lima, 2016)

D = Días del mes

M = Meses

n = Litros de aceite residuo obtenido

Calculo litros de combustible obtenido de acuerdo a muestras de aceite residuo (promedio 5 muestras de tabla 22) tomado del proceso de destilado.

**15.5ml**

$$15.5/5 = 3.1ml$$

$$n * 0.031L = n' \text{ Ecuación 2}$$

n = Litros de aceite residuo

0.031 = Promedio combustible obtenido después de la destilación de 0.18 L (Revisar capítulo 4) de aceite residuo.

n' = Litros de combustible

En la tabla 4 se puede apreciar mediante las ecuaciones 1 y 2, los valores referentes a posibles periodos de generación de aceite residuo de motor, de acuerdo a la cantidad de motocicletas registradas según secretaría de tránsito y transporte (Revisar figura 6).

**Tabla 4. Método de generación de aceites residuales**

<b>MÉTODO DE GENERACIÓN DE ACEITES RESIDUALES</b>					
<b>Tipo de vehículo:</b>	Ecuación utilizada para los cálculos de cantidad de aceite				
<b>motocicletas</b>					
<b>Cantidad de vehículos:</b>	Ecuación 1: $N * CL * D * M = n$				
<b>32.788</b>					
<b>Cantidad de aceite residuo</b>	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
<b>Total de aceite residuo</b>	206.564,4	442.638	885.276	5'311.656	10'623.3112

Fuente: el autor

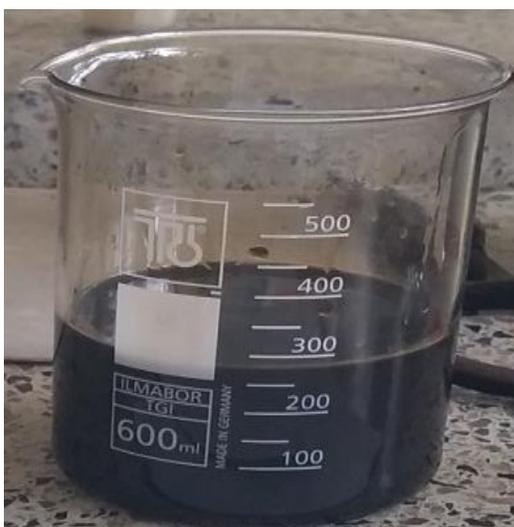
#### **4.2 Fase II.: caracterización del aceite recolectado en los talleres más influyentes en la ciudad de Ocaña Norte de Santander.**

Se llevó a cabo la caracterización de los aceites usados a partir de las muestras recolectadas en los talleres, por medio de las técnicas descritas en el marco conceptual, aparte 2.2.9 y 2.2.10 para poder determinar sus propiedades y composición para utilizarlo posteriormente en la simulación con el programa Aspen, para así determinar que uso y aplicaciones se pueden lograr con este.

#### **Recolectar las muestras necesarias para su estudio.**

Se solicitó muestras de aceite en los talleres visitados, facilitándonos casi de inmediato la muestra que depositamos en recipientes; dado que la mayoría de los talleres no poseen

métodos ni técnicas de recolección ni eliminación de estos residuos peligrosos, debido a que no cuentan con los conocimientos necesarios para su respectiva disposición, para ellos en muchos casos es más una carga, ya que estos residuos en cantidades ocupan espacios de aprovechamiento, otros son arrojados al subsuelo o al drenaje lo cual masifica el daño ambiental.



**Figura 16. Muestra a ser analizada en el laboratorio**

**Fuente:** el autor

### **Realizar pruebas de laboratorio a las muestras.**

En la tabla 5 se puede ver las muestras de aceite residuos seleccionados que fueron obtenidas de los talleres de mayor influencia de Ocaña, los datos de temperatura, Ph, densidad y viscosidad se obtuvieron en los laboratorios de la UFPSO. Se trabajó con 2 temperaturas, para la obtención de diferentes viscosidades; el Ph se obtuvo con un

peachimetro de paleta de colores el cual según la paleta de colores nos brinda un número de Ph indicado para la muestra en cuestión. Para las muestras de azufre, aluminio, hierro, sodio, humedad, cobre, sedimentos, silicio, zinc, calcio, cloro y fosforo se realizaron pruebas de FTIR en los laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) con la ayuda de la PhD. Lina Marcela Hoyos Palacios.

Las pruebas FTIR realizadas a las muestras arrojaron datos no concluyentes, debido a sus propiedades contenidas como residuo, teniendo en cuenta que al ser muestras sacadas después del proceso de lubricación en un motor, donde a su contenido original han sido agregadas partículas que se desprenden en el transcurso de desgaste de las piezas del motor, el espectrómetro no pudo leer adecuadamente el contenido de las muestras.

Por ende los datos enviados desde la UPB son de las características contenidas en una muestra patrón, que se comparó con cada una de las muestras que se pueden observar en la tabla 5, estas características fueron leídas y enviadas en forma de dato comparativo ya que al no ser concluyentes esta pruebas, no se posee las competencias adecuadas para leer este tipo de información.

**Tabla 5. Resultados muestra de aceite**

<b>RESULTADOS MUESTRAS SELECCIONADAS DE ACEITE</b>					
<b>MUESTRA (50ml)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	29.5	110	29.5	110	29.5
<b>Ph</b>	4	3	3	4	4

<b>Viscosidad (centipoise)</b>	24.8	72.28	60	50.85	55.3
<b>Densidad (kg/L)</b>	0.8994	0.9052	0.8756	0.8976	0.885
<b>Azufre (ppm)</b>	0.86	1.16	0.14	0.68	0.11
<b>Aluminio (ppm)</b>	22.08	139.72	12.31	17.94	11.33
<b>Hierro (ppm)</b>	110.34	227.76	3.43	152.40	4.85
<b>Sodio (ppm)</b>	140.63	303.56	15.55	216.78	13.43
<b>Humedad (%)</b>	1.12	1.56	0.28	2.35	0.42
<b>Cobre (ppm)</b>	7.09	10.31	0.046	14.26	1.75
<b>Sedimentos (%)</b>	1.44	0.65	0.09	0.22	0.12
<b>Silicio (ppm)</b>	5.48	16.28	28.43	6.21	49.69
<b>Zinc (ppm)</b>	104.23	901.43	7.11	1015.76	6.45
<b>Calcio (ppm)</b>	171.2	20.05	48.43	308.45	41.32
<b>Cloro (ppm)</b>	632	454	332	254	224.27
<b>Fosforo (ppm)</b>	24.67	24.35	5.34	4.78	19.86

**Fuente:** el autor

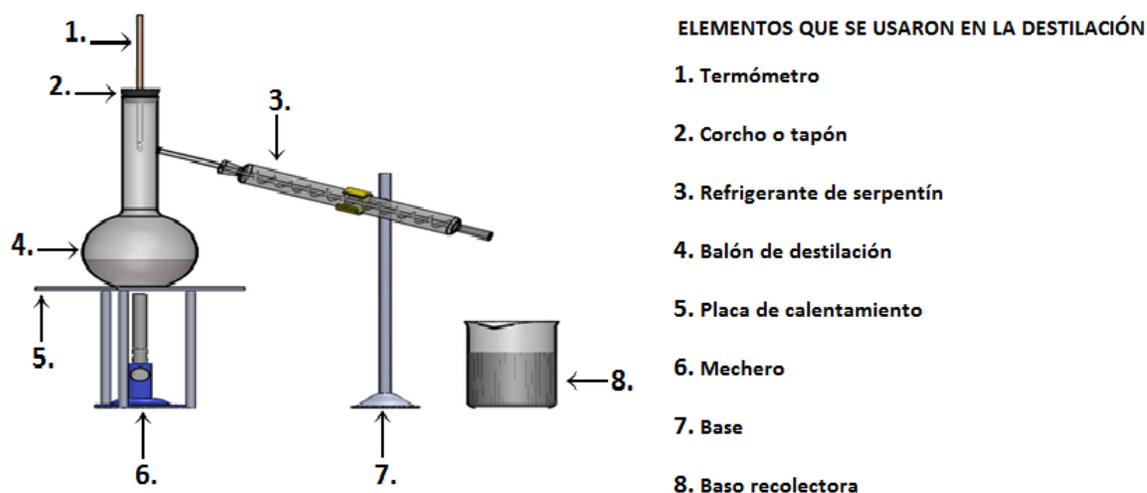
Teniendo en cuenta que las pruebas de laboratorio realizadas no fueron concluyentes y no arrojan la información adecuada para el ingreso de datos al programa Aspen, como opción para la continuidad de esta investigación se decide revisar las diferentes bibliografías (Adeniyi, Adewoye, & Ighalo, 2018; Aromaticos, n.d.; Arpa, Yumrutas, & Demirbas, 2010; Delgado, Parra, Aguilar, Guevara, & Novoa, 2007; Técnico et al., 2014; Toxnet, 2017) recopilando información para el óptimo desarrollo.

De lo anterior se desprendió la búsqueda de familias de elementos inorgánicos relacionados al aceite, encontrando diferentes compuestos entre ellos se destacan los

saturados, monoaromaticos, diaromaticos y poliaromaticos (Técnico et al., 2014) que son componentes bases de los hidrocarburos, familia que pertenece al aceite mineral. Como resultado se encontró con una familia de alcanos los cuales no brindaron una relación para continuar con la investigación donde el  $C_{20}H_{42}$  es un componente que se describe en el marco conceptual junto con los alcanos (Toxnet, 2017). Los compuestos que están comprendidos del  $C_1$  al  $C_{29}$  son compuestos no convencionales desprendidos del compuesto convencional  $C_{20}H_{42}$  los cuales fueron necesarios para que el elemento RYeld determinara propiedades y datos necesarios para continuar con la destilación

### **Destilación en el laboratorio para obtención de combustible.**

La figura 17 muestra todo el montaje de un proceso de destilación a escala para la obtención de combustible a partir de aceite usado. Para determinar los factores que inciden en el desempeño para la obtención de producto de acuerdo a la destilación; se realiza la destilación en el laboratorio de la UFPSO bajo parámetros establecidos en el marco conceptual 2.2.9 y 2.2.10.



**Figura 17. Montaje del proceso de destilación**

**Fuente:** el autor

**Calcular el calor requerido en el proceso de recuperación del combustible.**

$$Q_R = C_p * m * (T_i - T_F) \quad \text{Ecuación 6}$$

**Q = calor requerido**

**$C_p = 1.79912$  (kJ/Kg °C) calor específico del aceite mineral (UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2002)**

**m = masa**

**$T_i$  = temperatura inicial**

**$T_F$  = temperatura final**

La tabla 6 muestra el calor requerido en el proceso de destilación, el cual por muchos aspectos no fue el más adecuado, debido a que el calor transmitido por el mechero hacia el balón de destilación no fue el indicado, por ende, se presenta constantes bajas y aumentos de temperatura que se muestra en la tabla 8, que indica que la transferencia de calor no es la

acertada, teniendo en cuenta que los materiales no eran los más apropiados para la realización de este proceso en el aceite, ya que se presentó gran exposición al ambiente de fuertes olores que se disiparon muy lentamente.

**Tabla 6. Calor requerido en el proceso de destilación**

Muestra	m (kg)	$T_i$ (°C)	$T_F$ (°C)	Cp del aceite mineral (kJ/Kg °C)	$Q_R$ (kJ)
1	0.15	25	153	1.799	34.543
2	0.15	29	220	1.799	51.544
3	0.15	29.5	220	1.799	51.449
4	0.15	29.5	180	1.799	40.615
5	0.15	29.5	200	1.799	46.012

**Fuente:** el autor

El calor específico del aceite mineral se obtuvo de la división de investigación FIUBA (división de investigación FIUBA, n.d. 2003)

### **Cálculo del calor suministrado a cada muestra de aceite.**

$$Q_S = \dot{m} \Delta t \frac{PC}{\rho_{gas}} \text{ Ecuación 7}$$

$Q_S$  = calor suministrado (kJ)

PC = Poder calorífico del gas (35.1 MJ/m<sup>3</sup>)

$\Delta t$  = tiempo requerido para aumentar la temperatura de la muestra (2400 s)

La tabla 7 muestra el  $Q_R$  calor requerido el cual se obtiene de la siguiente formula

$Q_R = m C_p \Delta t$ , donde m es la masa,  $C_p$  es el calor específico y  $\Delta t$  es la temperatura inicial y

la temperatura final.  $Q_S$  el calor suministrado es el mismo para cada uno de las muestras dado que las condiciones son las mismas para cada muestra que son 5 muestras seleccionadas aplicada las mismas condiciones de tiempo densidad y calor específico. Eficiencia entre el calor suministrado y el calor requerido  $\eta_{Proces} = 100 * Q_R / Q_S$ .

**Tabla 7. Cálculo del calor suministrado y la eficiencia del proceso de destilación.**

Muestra	$Q_S$ (kJ)	$Q_R$ (kJ)	$\eta_{Proceso}$ [%]
1	2426.11	34.543	1.42
2	2426.11	51.544	2.12
2	2426.11	51.449	2.12
4	2426.11	40.615	1.67
5	2426.11	46.012	1.90

**Fuente:** el autor

Para el cálculo del calor suministrado se consideró una densidad promedio del gas natural de  $0.656 \text{ kg/m}^3$  (CIRCULACIÓN: MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS NATURAL, 2008) y un flujo volumétrico de  $2.88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ .

La tabla 8 muestra las principales variables que dificultan la obtención del producto final, estas son por falta de temperatura debido al mechero, el cual no brinda la posibilidad de obtener la energía calorífica adecuada para lograr un producto final, con una temperatura de  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  si no, que se dan las temperaturas inferiores a este valor ver la tabla 8. Debido a que la transferencia de calor del mechero al balón de destilación presenta una pérdida muy alta, que resulta en el poco aprovechamiento de calor y bajo rendimiento en el procedimiento. Para esto se recomienda el uso de una placa o manta térmica, para que se logre una temperatura adecuada en el proceso.

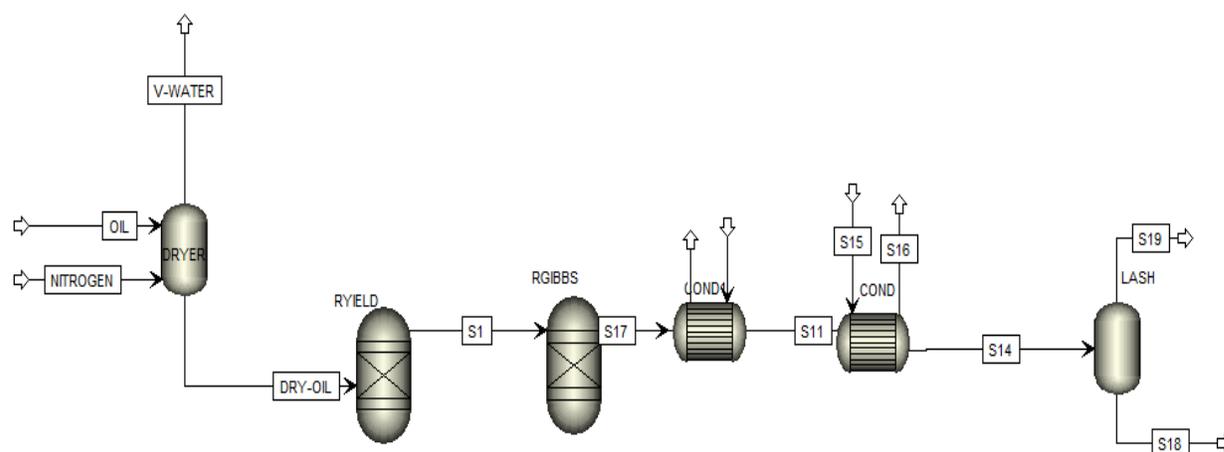
**Tabla 8. Temperaturas alcanzadas en el proceso de destilación**

<b>DATOS DEL PROCESO DE DESTILACIÓN CON ACEITE USADO</b>		
<b>MUESTRAS</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	
	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>
<b>1</b>	25	153
<b>2</b>	29	220
<b>3</b>	29.5	220
<b>4</b>	29.5	180
<b>5</b>	29.5	200

**Fuente:** el autor

#### **4.3 Fase III.: Identificar las principales variables que Inciden en las propiedades del Producto final mediante el programa Aspen.**

La figura 18 muestra el sistema de simulación que se eligió, para la destilación por medio del programa Aspen, este sistema cuenta con los elementos: Flash 2 o Dryer, Ryield, Rgibbs, Condensador, Flash2, (Revisar Marco conceptual) necesarios para realizar este proceso.



**Figura 18. Simulación de Aspen**

**Fuente:** el autor

### **Simular el proceso de Aspen en forma teórica y numérica.**

Primero se ingresa una corriente de aceite, esta corriente de  $C_{20}H_{42}$  contiene un porcentaje de agua y un porcentaje de aceite el cual al sumarlo debe ser del 100 %, el aceite dentro de sus propiedades contiene agua, debido a la fabricación, desgaste y al tipo de recolección; este porcentaje según características del programa siempre debe ser 1. Para el caso semanal de mezcla, se consideró un porcentaje de 2.3 % = 0,0229593 para el agua y 97.7 % = 0,977041 para el aceite que se muestran en la figura 19.

Specifications

Flash Type: **Temperature** Pressure

State variables

Temperature: 25 C

Pressure: 1 bar

Vapor fraction:

Total flow basis: **Volume**

Total flow rate: 206564 l/hr

Solvent:

Composition: **Mass-Frac**

Component	Value
WATER	0.0229593
N-EIC-01	0.977041
NITRO-02	
Total: 1	

Reference Temperature

Component Attributes

Particle Size Distribution

**Figura 19. Datos línea de aceite (OIL)**

**Fuente:** el autor

Una segunda corriente de sólo nitrógeno que se ve en la figura 20 es ingresada al Flash-2; este volumen de nitrógeno 2950.92 L/h ingresado en la corriente, fue encontrado dadas las condiciones para la eliminación de agua en altas cantidades, luego de varias pruebas de ensayo y error en el programa Aspen; debido a que no se contó con normativas a seguir para este proceso. Para obtener un alto índice de concentración de agua eliminado como fase de vapor (Línea V-Water) que debe separarse de la corriente de aceite, donde la línea (Dry-Oil) está en mayor porcentaje de aceite para la continuación del proceso de destilación, debido a que es el elemento que mejor condensa el vapor de agua a una presión de un bar, dado que el Flash2 ó Dryer es el que lleva el aceite a una temperatura de 110°C que es el punto de ebullición del agua, para el caso del nitrógeno el porcentaje es de 1, ya que la corriente es de un solo componente y no se fracciona como la corriente del aceite que contiene agua por su humedad y es el caso de una mezcla.

Specifications

Flash Type: **Temperature** Pressure

State variables

Temperature: **25** C

Pressure: **1** bar

Vapor fraction:

Total flow basis: **Volume**

Total flow rate: **2950.92** l/hr

Solvent:

Composition

**Mass-Frac**

Component	Value
WATER	
N-EIC-01	
NITRO-02	<b>1</b>

Total: **1**

Reference Temperature

Component Attributes

Particle Size Distribution

**Figura 20. Datos de Nitrógeno**

**Fuente:** el autor

Estas dos corrientes son ingresadas a un secador (Flash2 o Dryer), con presión de 1 bar y una temperatura de 110 °C que se aprecia en la figura 21 para que el agua cambie de fase y así se pueda evaporar reduciendo el porcentaje de agua en la mezcla, por medio de este secador se obtienen 2 corrientes. Ambas conteniendo aceite, agua y nitrógeno, pero una con mayor concentración de agua (V-Water), con esto se pretende, que la corriente de aceite en la salida (Dry oil), tenga el menor porcentaje de agua posible; en la simulación se puede apreciar que esta corriente está en estado líquido y que su contenido en su gran mayoría es aceite.

Flash specifications

Flash Type: Temperature Pressure

Temperature:  C

Pressure:  bar

Duty:  cal/sec

Vapor fraction:

Valid phases

Vapor-Liquid-Liquid

**Figura 21. Datos Flash2 o Dryer**

La corriente con bajo contenido de agua se ingresa en un reactor de rendimiento (RYield),  
**Fuente:** el autor

la función principal de esta herramienta, es convertir componentes convencionales

( $C_{20}H_{42}$ ,  $H_2O$  y  $N_2$ ) a componentes no convencionales (Revisar tabla 11), bajo parámetros de temperatura de  $450^{\circ}C$  ya que es la más adecuada en el proceso de destilación y presión de un bar de la figura 22, en este caso los componentes convencionales, son los que están dentro de la corriente de aceite en la salida del secador, que van a ingresar por la entrada del reactor de rendimiento, donde se puede encontrar en mayor porcentaje el aceite  $C_{20}H_{42}$  ver 2.2.3 y en menores porcentajes, el agua ( $H_2O$ ) y el nitrógeno ( $N_2$ ).

Operating conditions	
Flash Type:	Temperature Pressure
Temperature:	450 C
Temperature change:	C
Pressure:	1 bar
Duty:	cal/sec
Vapor fraction:	
Valid phases	
Vapor-Liquid	

**Figura 22. Datos RYield**

**Fuente:** el autor

Luego de encontrar los componentes no convencionales, se ingresan como corriente al reactor de energía libre (RGibbs), ingresando temperatura de 500 °C teniendo en cuenta que debe ser mayor a la temperatura del componente RYield y presión adecuada de un bar para trabajar en los datos de la figura 23, donde nos muestra la cantidad, que se puede obtener de cada uno de los productos no convencionales; primero, se programa al reactor de energía libre, para que separe como producto individual a todo lo que ingrese en esa corriente de forma automática, es decir, que él mismo lo tome de acuerdo a la configuración del software.

Calculation option:  
*Calculate phase equilibrium and chemical equilibrium*

Operating conditions

Pressure:

Temperature:

Heat Duty:

Phases

Maximum number of fluid phases:

Maximum number of solid solution phases:

Include vapor phase

Merge all CISOLID species into the first CISOLID substream

**Figura 23. Datos RGibbs**

**Fuente:** el autor

Después de este proceso, ya conociendo las cantidades de cada uno de los componentes en fracción molar, dentro de la corriente en la salida del reactor de energía libre, se procede a destilar (condensar) bajando la temperatura después de la salida del RGibbs, bajo unos parámetros a una de temperatura de 200°C que se dan en la figura 24 una vez y con una temperatura de 45°C (Revisar figura 25) nuevamente en intercambiadores de calor. El elemento refrigerante es agua que es ingresado en ambos condensadores bajo unos parámetros adecuados 25°C de temperatura, presión de un bar y volumen de 2000 L/m Revisar figura 26.

<b>Calculation</b> <input checked="" type="radio"/> Shortcut <input type="radio"/> Detailed <input type="radio"/> Rigorous Size Shell&Tube <input type="checkbox"/> Use Design Template File	<b>Flow arrangement</b> Hot fluid: <input type="text"/> Flow direction: <i>Countercurrent</i> No. shells in series: 1 <input type="checkbox"/> Calculate number of shells
<b>Rigorous Model</b> <input type="radio"/> Shell&Tube <input type="radio"/> AirCooled <input type="radio"/> Plate Transfer UA to shortcut	Type: <i>Design</i> Exchanger type: <i>Heat exchanger</i>
<b>Exchanger specification</b> Specification: <i>Hot stream outlet temperature</i> Value: 200 C Exchanger area: <input type="text"/> sqm Constant UA: <input type="text"/> cal/sec-K Minimum temperature approach: 1 C	

**Figura 24. Datos condensador 1**

Fuente: El Autor

<b>Calculation</b> <input checked="" type="radio"/> Shortcut <input type="radio"/> Detailed <input type="radio"/> Rigorous Size Shell&Tube <input type="checkbox"/> Use Design Template File	<b>Flow arrangement</b> Hot fluid: <input type="text"/> Flow direction: <i>Countercurrent</i> No. shells in series: 1 <input type="checkbox"/> Calculate number of shells
<b>Rigorous Model</b> <input type="radio"/> Shell&Tube <input type="radio"/> AirCooled <input type="radio"/> Plate Transfer UA to shortcut	Type: <i>Design</i> Exchanger type: <i>Heat exchanger</i>
<b>Exchanger specification</b> Specification: <i>Hot stream outlet temperature</i> Value: 45 C Exchanger area: <input type="text"/> sqm Constant UA: <input type="text"/> cal/sec-K Minimum temperature approach: 1 C	

**Figura 25. Datos condensador 2**

Fuente: El Autor

Specifications

Flash Type: **Temperature** **Pressure**

State variables

Temperature: **25** **C**

Pressure: **1** **bar**

Vapor fraction:

Total flow basis: **Volume**

Total flow rate: **2000** **l/min**

Solvent:

Composition

**Mole-Frac**

Component	Value
WATER	<b>1</b>
N-EIC-01	
NITRO-02	
C1	
C2	
C3	
C4	
C5	
C6	
C7	
C8	
C9	
C10	
C11	
C12	
C13	
C14	
C15	
C16	
C17	
C18	
C19	
C20	
C21	
C22	
C23	
C24	
C25	
C26	
C27	
C28	
C29	

Total: **1**

**Figura 26. Datos refrigerante condensador 1-2**

**Fuente:** El Autor

El producto generado después de la destilación es ingresado en un Flash, que se encargará de dividir el compuesto mediante parámetros de 45°C de temperatura y una presión de un bar ver figura 27, en una línea de vapor S19 y otra de líquido S18.

The image shows a software interface for defining flash specifications. It is divided into two main sections: 'Flash specifications' and 'Valid phases'.  
 In the 'Flash specifications' section:  
 - 'Flash Type' is set to 'Temperature' and 'Pressure'.  
 - 'Temperature' is set to '45' with a unit of 'C'.  
 - 'Pressure' is set to '1' with a unit of 'bar'.  
 - 'Duty' is set to 'cal/sec'.  
 - 'Vapor fraction' is an empty input field.  
 In the 'Valid phases' section:  
 - A dropdown menu is set to 'Vapor-Liquid'.

**Figura 27. Datos Flash2**

**Fuente:** El Autor

En la tabla 9, podemos apreciar los elementos convencionales y no convencionales; los convencionales para este caso, son los elementos que se consideran conocidos en la línea de entrada del Flash2, antes de ser fraccionados a elementos no convencionales, es decir los que no conocemos.

**Tabla 9. Descripción de elementos Aspen**

ELEMENTOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES		
ELEMS. CONVENCIONALES	DESCRIPCIÓN	FORMULA QUÍMICA
WATER	AGUA	H2O

<b>N-EIC-01</b>	N-EICOSANE	C20H42
<b>NITRO-02</b>	NITRÓGENO	N2
<b>ELEMS. NO CONVENCIONALES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FORMULA QUÍMICA</b>
<b>C1</b>	METANO	CH4
<b>C2</b>	El etano	C2H6
<b>C3</b>	PROPANO	C3H8
<b>C4</b>	N-BUTANO	C4H10-1
<b>C5</b>	CARBONO-GRAFITO	C
<b>C6</b>	N-HEXANO	C6H14-1
<b>C7</b>	N-HEPTANE	C7H16-1
<b>C8</b>	N-OCTANO	C8H18-1
<b>C9</b>	N-NONANE	C9H20-1
<b>C10</b>	N-DECANE	C10H22-1
<b>C11</b>	N-UNDECANE	C11H24
<b>C12</b>	N-DODECANE	C12H26
<b>C13</b>	N-TRIDECANE	C13H28
<b>C14</b>	N-TETRADECANE	C14H30
<b>C15</b>	N-PENTADECANE	C15H32
<b>C16</b>	N-HEXADECANE	C16H34
<b>C17</b>	N-HEPTADECANE	C17H36
<b>C18</b>	N-OCTADECANE	C18H38
<b>C19</b>	N-NADADECANE	C19H40
<b>C20</b>	N-EICOSANE	C20H42
<b>C21</b>	N-HENEICOSANE	C21H44

<b>C22</b>	N-DOCOSANE	C22H46
<b>C23</b>	N-TRICOSANE	C23H48
<b>C24</b>	N-TETRACOSANE	C24H50
<b>C25</b>	N-PENTACOSANE	C25H52
<b>C26</b>	N-HEXACOSANE	C26H54
<b>C27</b>	N-HEPTACOSANE	C27H56
<b>C28</b>	N-OCTACOSANE	C28H58
<b>C29</b>	N-NONACOSANE	C29H60

**Fuente:** El Autor

En la tabla 10, podemos observar la cantidad de aceite residuo que se puede obtener reciclando periódicamente (semanal, quincenal, mensual, semestral y anual), a estos datos, mediante la ecuaciones 4 y 5, se halló el porcentaje de agua y aceite neto (libre de agua).

**Tabla 10. Parámetros para los resultados del software**

<b>PARÁMETROS PARA LOS RESULTADOS</b>					
<b>Cal. de generación de</b>	<b>SEMANAL</b>	<b>QUINCENAL</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>SEMESTRAL</b>	<b>ANUAL</b>
<b>aceite residual</b>					
<b>Aceite residuo</b>	206564	442638	885276	5311656	106233112
<b>Agua</b>	4854	10402	20803	124823	2496478
<b>Resta de aceite y agua</b>	201710	432236	864473	5186833	103736634
<b>DATOS DE % REQUERIDO PARA ASPEN</b>					
<b>% Aceite</b>	0,9765012	0,9765	0,9765011	0,9765002	0,9765
<b>% Agua</b>	0,0234988	0,0235	0,0234989	0,0234998	0,0235
<b>% Total Aspen</b>	1	1	1	1	1

**Fuente:** el autor

$$Y = Z - X \text{ Ecuación 3}$$

Z = Total aceite residuo

0.0235 (Revisar tabla 5, porcentaje de humedad más alto)

X = 0.0235\*Z (Agua en el aceite residuo)

Y = Aceite libre de agua

Para la obtención de los porcentajes correspondientes al agua (X) y al aceite neto(Y) se divide por el total de aceite residuo.

$$\frac{X}{Z} = \% \text{ de agua Ecuación 4}$$

$$\frac{Y}{Z} = \% \text{ de aceite neto Ecuación 5}$$

**Tabla 11. Descripción de las líneas de la simulación**

---

**DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE LA SIMULACIÓN**

---

<b>LÍNEA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>OIL</b>	Línea de entrada (flash2) contiene el porcentaje de aceite.
<b>NITROGENO</b>	Línea de entrada (flash2) contiene el nitrógeno requerido para actuar con el agua.
<b>V-WATER</b>	Línea de salida (flash2) contiene el vapor de agua eliminado del aceite.
<b>DRY-OIL</b>	Línea de salida (flash2) contiene el aceite con un bajo porcentaje de agua y nitrógeno que no se pudieron eliminar en el vapor.
<b>S18</b>	Contiene los elementos obtenidos en el proceso final en la fase líquida.
<b>S19</b>	Contiene los elementos obtenidos en el proceso final en su fase de vapor.

---

**Fuente:** El Autor

## Resultados de la simulación

En las siguientes tablas se puede observar la descripción de los resultados arrojados por la simulación en Aspen, de cada corriente de aceite donde los datos se tomaron del resultado de la ecuación 1, las corrientes son ingresadas para tener características de un crecimiento de residuos que son mostrados en la tabla 10, en la cual se evidencia las cantidades periódicas que van a ser evaluadas en el programa para el proceso de destilación.

**Tabla 12. Resultados prueba con 206564 litros de aceite semanal**

	<b>DRY- OIL</b>	<b>NITROGEN DRYER</b>	<b>OIL DRYER</b>	<b>S18 FLASH LIQUID</b>	<b>S19 FLASH VAPOR</b>	<b>V- WATER DRYER VAPOR</b>
<b>Substream: MIXED</b>						
<b>Mass Flow kg/hr</b>						
<b>WATER</b>	761,1164	0	3645,578	575,4423	157,8269	2884,435
<b>N-EIC-01</b>	1,55E+05	0	1,55E+05	4762,795	2,03E-04	6,952606
<b>NITRO-02</b>	0,0264326	3,336164	0	8,58E-04	0,0246076	3,309699
<b>C1</b>	0	0	0	29,41016	348,0744	0
<b>C2</b>	0	0	0	35,92212	95,75225	0
<b>C3</b>	0	0	0	137,0923	118,5845	0
<b>C4</b>	0	0	0	333,8709	94,16427	0
<b>C5</b>	0	0	0	0	0	0

<b>C6</b>	0	0	0	675,0606	22,41796	0
<b>C7</b>	0	0	0	851,685	10,06798	0
<b>C8</b>	0	0	0	1113,518	4,626224	0
<b>C9</b>	0	0	0	1157,8	1,771188	0
<b>C10</b>	0	0	0	1380,864	0,777226	0
<b>C11</b>	0	0	0	1644,053	0,383992	0
<b>C12</b>	0	0	0	1762,463	0,1523505	0
<b>C13</b>	0	0	0	2224,691	0,0660753	0
<b>C14</b>	0	0	0	2554,279	0,0307458	0
<b>C15</b>	0	0	0	2895,685	0,0133826	0
<b>C16</b>	0	0	0	3479,303	6,62E-03	0
<b>C17</b>	0	0	0	3632,427	2,51E-03	0
<b>C18</b>	0	0	0	3953,829	1,13E-03	0
<b>C19</b>	0	0	0	4373,396	5,08E-04	0
<b>C20</b>	0	0	0	4762,795	2,03E-04	0
<b>C21</b>	0	0	0	6557,297	1,20E-04	0
<b>C22</b>	0	0	0	8757,52	7,50E-05	0
<b>C23</b>	0	0	0	9454,718	2,93E-05	0
<b>C24</b>	0	0	0	10387,09	1,32E-05	0
<b>C25</b>	0	0	0	12087,42	6,99E-06	0
<b>C26</b>	0	0	0	12987,09	3,02E-06	0
<b>C27</b>	0	0	0	15526,06	1,30E-06	0
<b>C28</b>	0	0	0	16623,28	7,61E-07	0
<b>C29</b>	0	0	0	20322,12	4,89E-07	0
<b>Total Flow kmol/hr</b>	591,2872	0,1190914	751,4214	556,4654	38,37625	160,2532
<b>Total Flow kg/hr</b>	1,56E+05	3,336164	1,59E+05	1,55E+05	854,7454	2894,698
<b>Total Flow l/min</b>	3579,987	49,182	3442,74	3453,992	16823,62	84404,32

<b>Temperature C</b>	110	25	25	45	45	110
<b>Pressure bar</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Vapor Frac</b>	9,97E-07	1	0	0	1	1
<b>Liquid Frac</b>	0,999999	0	1	1	0	0
<b>Solid Frac</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Enthalpy cal/mol</b>	-	-1,821333	-	-1,29E+05	-28205,62	-57050,89
	1,15E+05		1,13E+05			
<b>Enthalpy cal/gm</b>	-434,3058	-0,0650163	-534,0766	-463,6074	-1266,373	-3158,392
<b>Enthalpy cal/sec</b>	-	-0,0602514	-	-2,00E+07	-	-2,54E+06
	1,88E+07		2,36E+07		3,01E+05	
<b>Entropy cal/mol-K</b>	-430,6427	0,02088	-371,8731	-476,3055	-23,42797	-8,628389
<b>Entropy cal/gm-K</b>	-1,633379	7,45E-04	-1,759826	-1,709554	-1,051866	-0,4776759
<b>Density mol/cc</b>	2,75E-03	4,04E-05	3,64E-03	2,69E-03	3,80E-05	3,16E-05
<b>Density gm/cc</b>	0,7257649	1,13E-03	0,7686934	0,7481148	8,47E-04	5,72E-04
<b>Average MW</b>	263,6514	28,01348	211,3124	278,6138	22,27277	18,06327
<b>Liq Vol 60F l/min</b>	3283,275	0,1063045	3331,579	3267,087	34,08886	48,41861

Fuente: El Autor

**Tabla 13. Resultados prueba con 442638 litros de aceite quincenal**

	<b>DRY-OIL</b>	<b>NITROGEN</b>	<b>OIL</b>	<b>S18</b>	<b>S19</b>	<b>V-WATER</b>
	<b>RYIELD</b>	<b>DRYER</b>	<b>DRYER</b>			
	<b>DRYER</b>			<b>FLASH</b>	<b>FLASH</b>	<b>DRYER</b>
	<b>MIXED</b>	<b>VAPOR</b>	<b>LIQUID</b>	<b>LIQUID</b>	<b>VAPOR</b>	<b>VAPOR</b>
<b>Substream: MIXED</b>						
<b>Mass Flow kg/hr</b>						
<b>WATER</b>	1631,657	0	7812,352	1233,591	338,3675	6180,638
<b>N-EIC-01</b>	3,32E+05	0	3,32E+05	10205,97	4,35E-04	14,89182

---

<b>NITRO-02</b>	0,0264449	3,336164	0	8,58E-04	0,0246191	3,309687
<b>C1</b>	0	0	0	63,0162	745,8779	0
<b>C2</b>	0	0	0	76,97063	205,1883	0
<b>C3</b>	0	0	0	293,7562	254,1217	0
<b>C4</b>	0	0	0	715,4218	201,7948	0
<b>C5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>C6</b>	0	0	0	1446,552	48,04269	0
<b>C7</b>	0	0	0	1825,034	21,57617	0
<b>C8</b>	0	0	0	2386,104	9,91423	0
<b>C9</b>	0	0	0	2480,996	3,795746	0
<b>C10</b>	0	0	0	2958,99	1,665636	0
<b>C11</b>	0	0	0	3522,964	0,8229152	0
<b>C12</b>	0	0	0	3776,701	0,3264952	0
<b>C13</b>	0	0	0	4767,187	0,1416031	0
<b>C14</b>	0	0	0	5473,446	0,0658899	0
<b>C15</b>	0	0	0	6205,028	0,0286797	0
<b>C16</b>	0	0	0	7455,637	0,014179	0
<b>C17</b>	0	0	0	7783,759	5,38E-03	0
<b>C18</b>	0	0	0	8472,475	2,41E-03	0
<b>C19</b>	0	0	0	9371,545	1,09E-03	0
<b>C20</b>	0	0	0	10205,97	4,35E-04	0
<b>C21</b>	0	0	0	14051,33	2,58E-04	0
<b>C22</b>	0	0	0	18766,08	1,61E-04	0
<b>C23</b>	0	0	0	20260,07	6,29E-05	0
<b>C24</b>	0	0	0	22258,01	2,83E-05	0
<b>C25</b>	0	0	0	25901,57	1,50E-05	0
<b>C26</b>	0	0	0	27829,43	6,47E-06	0

---

<b>C27</b>	0	0	0	33270,06	2,78E-06	0
<b>C28</b>	0	0	0	35621,26	1,63E-06	0
<b>C29</b>	0	0	0	43547,32	1,05E-06	0
<b>Total Flow kmol/hr</b>	1267,079	0,1190914	1610,209	1192,451	82,24412	343,2484
<b>Total Flow kg/hr</b>	3,34E+05	3,336164	3,40E+05	3,32E+05	1831,779	6198,84
<b>Total Flow l/min</b>	7671,426	49,182	7377,3	7401,417	36054,65	1,81E+05
<b>Temperature C</b>	110	25	25	45	45	110
<b>Pressure bar</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Vapor Frac</b>	1,02E-06	1	0	0	1	1
<b>Liquid Frac</b>	0,999999	0	1	1	0	0
<b>Solid Frac</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Enthalpy cal/mol</b>	-1,15E+05	-1,821333	-1,13E+05	-1,29E+05	-28209,24	-57073,56
<b>Enthalpy cal/gm</b>	-434,312	-0,0650163	-534,0802	-463,6119	-1266,552	-3160,335
<b>Enthalpy cal/sec</b>	-4,03E+07	-0,0602514	-5,05E+07	-4,28E+07	-6,44E+05	-5,44E+06
<b>Entropy cal/mol-K</b>	-430,6305	0,02088	-371,8682	-476,2953	-23,42709	-8,638354
<b>Entropy cal/gm-K</b>	-1,633378	7,45E-04	-1,759826	-1,709554	-1,051841	-0,4783316
<b>Density mol/cc</b>	2,75E-03	4,04E-05	3,64E-03	2,69E-03	3,80E-05	3,16E-05
<b>Density gm/cc</b>	0,7257626	1,13E-03	0,7686929	0,7481141	8,47E-04	5,71E-04
<b>Average MW</b>	263,6441	28,01348	211,3097	278,608	22,27247	18,05934
<b>Liq Vol 60F l/min</b>	7035,586	0,1063045	7139,091	7000,895	73,05091	103,6286

**Fuente:** El Autor

**Tabla 14. Resultados prueba con 885276 litros de aceite mensual**

	<b>DRY-OIL</b>	<b>NITROGEN</b>	<b>OIL</b>	<b>S18</b>	<b>S19</b>	<b>V-WATER</b>
	<b>RYIELD</b>	<b>DRYER</b>	<b>DRYER</b>			
	<b>DRYER</b>			<b>FLASH</b>	<b>FLASH</b>	<b>DRYER</b>
	<b>MIXED</b>	<b>VAPOR</b>	<b>LIQUID</b>	<b>LIQUID</b>	<b>VAPOR</b>	<b>VAPOR</b>
<b>Substream: MIXED</b>						
<b>Mass Flow</b>	<b>kg/hr</b>					
<b>WATER</b>	3263,928	0	15623,98	2467,627	676,8828	12359,94
<b>N-EIC-01</b>	6,65E+05	0	6,65E+05	20411,98	8,69E-04	29,77526
<b>NITRO-02</b>	0,0264526	3,336164	0	8,58E-04	0,0246264	3,309679
<b>C1</b>	0	0	0	126,0278	1491,763	0
<b>C2</b>	0	0	0	153,937	410,3818	0
<b>C3</b>	0	0	0	587,5023	508,2554	0
<b>C4</b>	0	0	0	1430,833	403,6029	0
<b>C5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>C6</b>	0	0	0	2893,104	96,0893	0
<b>C7</b>	0	0	0	3650,073	43,15413	0
<b>C8</b>	0	0	0	4772,216	19,82929	0
<b>C9</b>	0	0	0	4962	7,591812	0
<b>C10</b>	0	0	0	5917,99	3,331412	0
<b>C11</b>	0	0	0	7045,94	1,6459	0
<b>C12</b>	0	0	0	7553,414	0,6530183	0
<b>C13</b>	0	0	0	9534,39	0,2832182	0
<b>C14</b>	0	0	0	10946,91	0,1317857	0
<b>C15</b>	0	0	0	12410,08	0,057362	0
<b>C16</b>	0	0	0	14911,3	0,0283593	0

<b>C17</b>	0	0	0	15567,54	0,0107586	0
<b>C18</b>	0	0	0	16944,98	4,83E-03	0
<b>C19</b>	0	0	0	18743,12	2,18E-03	0
<b>C20</b>	0	0	0	20411,98	8,69E-04	0
<b>C21</b>	0	0	0	28102,7	5,16E-04	0
<b>C22</b>	0	0	0	37532,23	3,21E-04	0
<b>C23</b>	0	0	0	40520,22	1,26E-04	0
<b>C24</b>	0	0	0	44516,1	5,66E-05	0
<b>C25</b>	0	0	0	51803,22	3,00E-05	0
<b>C26</b>	0	0	0	55658,96	1,29E-05	0
<b>C27</b>	0	0	0	66540,24	5,56E-06	0
<b>C28</b>	0	0	0	71242,64	3,26E-06	0
<b>C29</b>	0	0	0	87094,79	2,09E-06	0
<b>Total Flow kmol/hr</b>	2534,196	0,1190914	3220,381	2384,929	164,4968	686,3046
<b>Total Flow kg/hr</b>	6,68E+05	3,336164	6,81E+05	6,64E+05	3663,727	12393,03
<b>Total Flow l/min</b>	15342,91	49,182	14754,6	14802,87	72113,02	3,61E+05
<b>Temperature C</b>	110	25	25	45	45	110
<b>Pressure bar</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Vapor Frac</b>	1,02E-06	1	0	0	1	1
<b>Liquid Frac</b>	0,999999	0	1	1	0	0
<b>Solid Frac</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Enthalpy cal/mol</b>	-1,15E+05	-1,821333	-1,13E+05	-1,29E+05	-28210,82	-57083,49
<b>Enthalpy cal/gm</b>	-434,3148	-0,0650163	-534,077	-463,6139	-1266,631	-3161,186
<b>Enthalpy cal/sec</b>	-8,06E+07	-0,0602514	-1,01E+08	-8,56E+07	-1,29E+06	-1,09E+07
<b>Entropy cal/mol-K</b>	-430,6252	0,02088	-371,8726	-476,2908	-23,42671	-8,642967
<b>Entropy cal/gm-K</b>	-1,633378	7,45E-04	-1,759826	-1,709553	-1,05183	-0,4786327
<b>Density mol/cc</b>	2,75E-03	4,04E-05	3,64E-03	2,69E-03	3,80E-05	3,16E-05

<b>Density gm/cc</b>	0,7257616	1,13E-03	0,7686934	0,7481138	8,47E-04	5,71E-04
<b>Average MW</b>	263,6409	28,01348	211,3122	278,6054	22,27233	18,05762
<b>Liq Vol 60F l/min</b>	14071,21	0,1063045	14278,19	14001,82	146,1051	207,1292

**Fuente:** El Autor

**Tabla 15. Resultados prueba con 5311656 litros de aceite semestral**

	<b>DRY- OIL</b>	<b>NITROGEN DRYER</b>	<b>OIL DRYER</b>	<b>S18 FLASH LIQUID</b>	<b>S19 FLASH VAPOR</b>	<b>V-WATER DRYER VAPOR</b>
<b>Substream: MIXED</b>						
<b>Mass Flow kg/hr</b>						
<b>WATER</b>	19586,59	0	93747,51	14807,94	4062,025	74160,24
<b>N-EIC-01</b>	3,99E+06	0	3,99E+06	1,22E+05	5,22E-03	178,6271
<b>NITRO-02</b>	0,0264564	3,336164	0	8,58E-04	0,0246299	3,309675
<b>C1</b>	0	0	0	756,142	8950,591	0
<b>C2</b>	0	0	0	923,5977	2462,31	0
<b>C3</b>	0	0	0	3524,954	3049,584	0
<b>C4</b>	0	0	0	8584,925	2421,678	0
<b>C5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>C6</b>	0	0	0	17358,58	576,5538	0
<b>C7</b>	0	0	0	21900,4	258,933	0
<b>C8</b>	0	0	0	28633,25	118,9796	0
<b>C9</b>	0	0	0	29771,96	45,55234	0
<b>C10</b>	0	0	0	35507,89	19,98912	0
<b>C11</b>	0	0	0	42275,58	9,875724	0

<b>C12</b>	0	0	0	45320,42	3,918238	0
<b>C13</b>	0	0	0	57206,26	1,699365	0
<b>C14</b>	0	0	0	65681,38	0,7907403	0
<b>C15</b>	0	0	0	74460,36	0,3441837	0
<b>C16</b>	0	0	0	89467,67	0,1701619	0
<b>C17</b>	0	0	0	93405,13	0,0645541	0
<b>C18</b>	0	0	0	1,02E+05	0,0289636	0
<b>C19</b>	0	0	0	1,12E+05	0,0130643	0
<b>C20</b>	0	0	0	1,22E+05	5,22E-03	0
<b>C21</b>	0	0	0	1,69E+05	3,10E-03	0
<b>C22</b>	0	0	0	2,25E+05	1,93E-03	0
<b>C23</b>	0	0	0	2,43E+05	7,54E-04	0
<b>C24</b>	0	0	0	2,67E+05	3,40E-04	0
<b>C25</b>	0	0	0	3,11E+05	1,80E-04	0
<b>C26</b>	0	0	0	3,34E+05	7,76E-05	0
<b>C27</b>	0	0	0	3,99E+05	3,34E-05	0
<b>C28</b>	0	0	0	4,27E+05	1,96E-05	0
<b>C29</b>	0	0	0	5,23E+05	1,26E-05	0
<b>Total Flow kmol/hr</b>	15205,32	0,1190914	19322,47	14309,67	987,0206	4117,269
<b>Total Flow kg/hr</b>	4,01E+06	3,336164	4,08E+06	3,99E+06	21983,14	74342,18
<b>Total Flow l/min</b>	92057,52	49,182	88527,6	88817,2	4,33E+05	2,17E+06
<b>Temperature C</b>	110	25	25	45	45	110
<b>Pressure bar</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Vapor Frac</b>	1,03E-06	1	0	0	1	1
<b>Liquid Frac</b>	0,999999	0	1	1	0	0
<b>Solid Frac</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Enthalpy cal/mol</b>	-	-1,821333	-1,13E+05	-	-28212,14	-57091,76

		1,15E+05			1,29E+05		
<b>Enthalpy</b>	<b>cal/gm</b>	-434,3171	-0,0650163	-534,0797	-463,6155	-1266,696	-3161,895
<b>Enthalpy</b>	<b>cal/sec</b>	-	-0,0602514	-6,06E+08	-	-7,74E+06	-6,53E+07
		4,84E+08			5,13E+08		
<b>Entropy</b>	<b>cal/mol-</b>	-430,6208	0,02088	-371,8689	-476,2871	-23,42641	-8,647106
	<b>K</b>						
<b>Entropy</b>	<b>cal/gm-</b>	-1,633377	7,45E-04	-1,759826	-1,709553	-1,051822	-0,4788999
	<b>K</b>						
<b>Density</b>	<b>mol/cc</b>	2,75E-03	4,04E-05	3,64E-03	2,69E-03	3,80E-05	3,16E-05
<b>Density</b>	<b>gm/cc</b>	0,7257607	1,13E-03	0,768693	0,7481135	8,47E-04	5,71E-04
<b>Average MW</b>		263,6383	28,01348	211,3101	278,6033	22,27222	18,05619
<b>Liq Vol 60F l/min</b>		84427,16	0,1063045	85669,1	84010,84	876,6448	1242,257

Fuente: El Autor

**Tabla 16. Resultados prueba con 106233112 litros de aceite anual**

	<b>DRY-OIL</b>	<b>NITROGEN</b>	<b>OIL</b>	<b>S18</b>	<b>S19</b>	<b>V-WATER</b>
	<b>RYIELD</b>	<b>DRYER</b>	<b>DRYER</b>			
	<b>DRYER</b>			<b>FLASH</b>	<b>FLASH</b>	<b>DRYER</b>
	<b>MIXED</b>	<b>VAPOR</b>	<b>LIQUID</b>	<b>LIQUID</b>	<b>VAPOR</b>	<b>VAPOR</b>
<b>Substream: MIXED</b>						
<b>Mass Flow</b>	<b>kg/hr</b>					
<b>WATER</b>	3,92E+05	0	1,87E+06	2,96E+05	81243,27	1,48E+06
<b>N-EIC-01</b>	7,98E+07	0	7,98E+07	2,45E+06	0,1043126	3572,448
<b>NITRO-02</b>	0,0264571	3,336164	0	8,59E-04	0,0246306	3,309674
<b>C1</b>	0	0	0	15122,74	1,79E+05	0
<b>C2</b>	0	0	0	18471,86	49246,27	0
<b>C3</b>	0	0	0	70498,84	60991,86	0

<b>C4</b>	0	0	0	1,72E+05	48433,78	0
<b>C5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>C6</b>	0	0	0	3,47E+05	11531,14	0
<b>C7</b>	0	0	0	4,38E+05	5178,692	0
<b>C8</b>	0	0	0	5,73E+05	2379,606	0
<b>C9</b>	0	0	0	5,95E+05	911,0523	0
<b>C10</b>	0	0	0	7,10E+05	399,7849	0
<b>C11</b>	0	0	0	8,46E+05	197,5157	0
<b>C12</b>	0	0	0	9,06E+05	78,36525	0
<b>C13</b>	0	0	0	1,14E+06	33,98752	0
<b>C14</b>	0	0	0	1,31E+06	15,8149	0
<b>C15</b>	0	0	0	1,49E+06	6,883717	0
<b>C16</b>	0	0	0	1,79E+06	3,40326	0
<b>C17</b>	0	0	0	1,87E+06	1,291092	0
<b>C18</b>	0	0	0	2,03E+06	0,5792767	0
<b>C19</b>	0	0	0	2,25E+06	0,2612892	0
<b>C20</b>	0	0	0	2,45E+06	0,1043126	0
<b>C21</b>	0	0	0	3,37E+06	0,0619417	0
<b>C22</b>	0	0	0	4,50E+06	0,0385645	0
<b>C23</b>	0	0	0	4,86E+06	0,0150888	0
<b>C24</b>	0	0	0	5,34E+06	6,80E-03	0
<b>C25</b>	0	0	0	6,22E+06	3,60E-03	0
<b>C26</b>	0	0	0	6,68E+06	1,55E-03	0
<b>C27</b>	0	0	0	7,98E+06	6,67E-04	0
<b>C28</b>	0	0	0	8,55E+06	3,91E-04	0
<b>C29</b>	0	0	0	1,05E+07	2,51E-04	0
<b>Total Flow kmol/hr</b>	3,04E+05	0,1190914	3,86E+05	2,86E+05	19740,56	82343,23

<b>Total Flow kg/hr</b>	8,02E+07	3,336164	8,17E+07	7,97E+07	4,40E+05	1,49E+06
<b>Total Flow l/min</b>	1,84E+06	49,182	1,77E+06	1,78E+06	8,65E+06	4,34E+07
<b>Temperature C</b>	110	25	25	45	45	110
<b>Pressure bar</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Vapor Frac</b>	1,03E-06	1	0	0	1	1
<b>Liquid Frac</b>	0,999999	0	1	1	0	0
<b>Solid Frac</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Enthalpy cal/mol</b>	-1,15E+05	-1,821333	-1,13E+05	-1,29E+05	-28212,39	-57093,34
<b>Enthalpy cal/gm</b>	-434,3175	-0,0650163	-534,0802	-463,6159	-1266,709	-3162,03
<b>Enthalpy cal/sec</b>	-9,67E+09	-0,0602514	-1,21E+10	-1,03E+10	-1,55E+08	-1,31E+09
<b>Entropy cal/mol-K</b>	-430,62	0,02088	-371,8683	-476,2864	-23,42635	-8,648
<b>Entropy cal/gm-K</b>	-1,633377	7,45E-04	-1,759826	-1,709553	-1,05182	-0,4789567
<b>Density mol/cc</b>	2,75E-03	4,04E-05	3,64E-03	2,69E-03	3,80E-05	3,16E-05
<b>Density gm/cc</b>	0,7257605	1,13E-03	0,7686929	0,7481135	8,47E-04	5,71E-04
<b>Average MW</b>	263,6378	28,01348	211,3097	278,6029	22,2722	18,05591
<b>Liq Vol 60F l/min</b>	1,69E+06	0,1063045	1,71E+06	1,68E+06	17532,95	24843,17

**Fuente:** El Autor

**Evaluar los resultados obtenidos en los tiempos generados para el programa.**

Podemos apreciar los diferentes resultados obtenidos con los volúmenes que se muestran a partir de la tabla 12, los cuales nos muestran los residuos obtenidos en los diferentes periodos calculados. Al ingresar los datos y simular en el programa, obtenemos los porcentajes de elementos convencionales y no convencionales, temperaturas, presiones, densidades, entalpías, entropías y volúmenes en totales de litro por minuto, que se genera en el proceso de simulación.

Como se puede evidenciar en los resultados anteriores(ver tablas 17-21), las cantidades de los alcanos  $C_{24} - C_{29}$  obtenido respectivamente no es despreciable ya que se producen 376.855,95 L mensuales de hidrocarburos, cifra significativa respecto a 885.276 L de aceite residuo de motor generado en un mes, lo cual permite establecer la iniciativa para un posible inicio de recolección adecuada, lo cual con una investigación más profunda podría dar origen a la implementación de una planta destiladora para la obtención de estos alcanos que son generados en mayor concentración por ende son los que se pueden aprovechar como combustibles (ver 2.2.3). Esto con el objetivo de aprovechar un estudio que hasta el momento solo da lugar a daños ambientales, sin embargo el estudio detallado para esto se sale del alcance del presente trabajo por lo cual no se llevó a cabo.

Para encontrar los respectivos porcentajes de cada uno de los alcanos se realiza la ecuación:

$$\text{Valor de la línea S18} * \frac{100}{\text{residuo por periodo}} \quad \text{Ecuación 8}$$

**Tabla 17. Producción semanal.**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN SIMULACIÓN SEMANAL</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formula química</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>S18</b>				
<b>C24</b>	10387,09	N-TETRACOSANE	C24H50	5,028
<b>C25</b>	12087,42	N-PENTACOSANE	C25H52	5,851
<b>C26</b>	12987,09	N-HEXACOSANE	C26H54	6,287
<b>C27</b>	15526,06	N-HEPTACOSANE	C27H56	7,516
<b>C28</b>	16623,28	N-OCTACOSANE	C28H58	8,047
<b>C29</b>	20322,12	N-NONACOSANE	C29H60	9,838

<b>TOTAL</b>	<b>87933,06</b>	-	-	<b>42,569</b>
--------------	-----------------	---	---	---------------

**Fuente:** El Autor

**Tabla 18. Producción quincenal**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN SIMULACIÓN QUINCENAL</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formula química</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>S18</b>				
<b>C24</b>	22258,01	N-TETRACOSANE	C24H50	5,028
<b>C25</b>	25901,57	N-PENTACOSANE	C25H52	5,851
<b>C26</b>	27829,43	N-HEXACOSANE	C26H54	6,287
<b>C27</b>	33270,06	N-HEPTACOSANE	C27H56	7,516
<b>C28</b>	35621,26	N-OCTACOSANE	C28H58	8,047
<b>C29</b>	43547,32	N-NONACOSANE	C29H60	9,838
<b>TOTAL</b>	<b>188427,65</b>	-	-	<b>42,569</b>

**Fuente:** El Autor

**Tabla 19. Producción mensual**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN SIMULACIÓN MENSUAL</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formula química</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>S18</b>				
<b>C24</b>	44516,1	N-TETRACOSANE	C24H50	5,028
<b>C25</b>	51803,22	N-PENTACOSANE	C25H52	5,851
<b>C26</b>	55658,96	N-HEXACOSANE	C26H54	6,287
<b>C27</b>	66540,24	N-HEPTACOSANE	C27H56	7,516
<b>C28</b>	71242,64	N-OCTACOSANE	C28H58	8,047

<b>C29</b>	87094,79	N-NONACOSANE	C29H60	9,838
<b>TOTAL</b>	<b>376855,95</b>	-	-	<b>42,569</b>

Fuente: El Autor

**Tabla 20. Producción semestral**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN SIMULACIÓN SEMESTRAL</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formula química</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>S18</b>				
<b>C24</b>	2,67E+05	N-TETRACOSANE	C24H50	5,03E+00
<b>C25</b>	3,11E+05	N-PENTACOSANE	C25H52	5,85E+00
<b>C26</b>	3,34E+05	N-HEXACOSANE	C26H54	6,29E+00
<b>C27</b>	3,99E+05	N-HEPTACOSANE	C27H56	7,52E+00
<b>C28</b>	4,27E+05	N-OCTACOSANE	C28H58	8,05E+00
<b>C29</b>	5,23E+05	N-NONACOSANE	C29H60	9,84E+00
<b>TOTAL</b>	<b>2261132</b>	-	-	<b>42,569</b>

Fuente: El Autor

**Tabla 21. Producción anual**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN SIMULACIÓN ANUAL</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formula química</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>S18</b>				
<b>C24</b>	5,34E+06	N-TETRACOSANE	C24H50	5,03E+00
<b>C25</b>	6,22E+06	N-PENTACOSANE	C25H52	5,85E+00
<b>C26</b>	6,68E+06	N-HEXACOSANE	C26H54	6,29E+00

<b>C27</b>	7,98E+06	N-HEPTACOSANE	C27H56	7,52E+00
<b>C28</b>	8,55E+06	N-OCTACOSANE	C28H58	8,05E+00
<b>C29</b>	1,05E+07	N-NONACOSANE	C29H60	9,84E+00
<b>TOTAL</b>	<b>45222680</b>	-	-	<b>42,569</b>

**Fuente:** El Autor

En las anteriores tablas se puede evidenciar que se tomaron los hidrocarburos alcanos con mayor concentración, mediante la ecuación 8 se procede a porcentualizarlos y posteriormente sumarlos, estos nos dan como resultado el 42% del proceso de destilación, valor que incide en todos los periodos.

#### **4.4 Fase IV.: Evaluar el proceso de producción de combustible a partir de los aceites de los talleres en los diferentes sectores de Ocaña.**

Una vez obtenido el análisis de las muestras y aplicar el proceso de destilación en el laboratorio y en el programa Aspen, se facilita con los resultados tener claro cuál es el potencial y cantidad de residuos que se producen en el municipio, con lo cual se realizara la evaluación del potencial de producción con las actividades en cada uno de los procesos.

#### **Por medio de destilación**

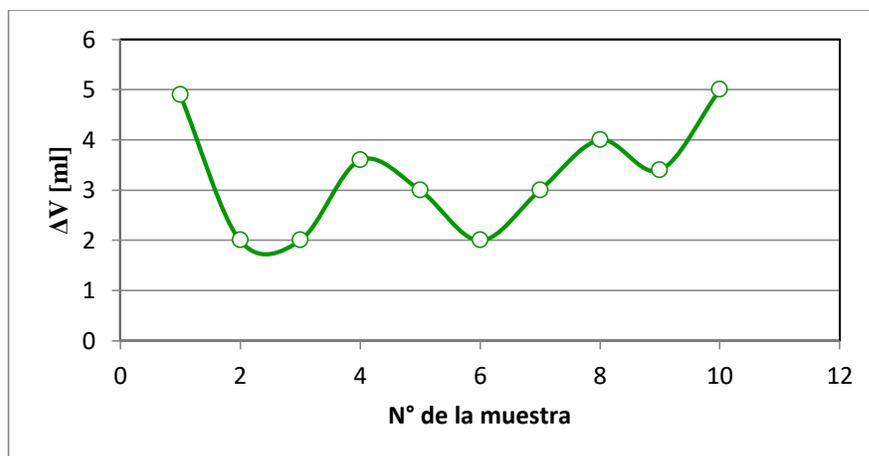
La temperatura del agua que pasa a través del serpentín es de 29,5°C en la entrada es utilizada como refrigerante y de 31.3°C en la salida, se puede notar que adquirió 1.8°C debido a la transferencia de calor en el proceso. Se observa que a partir de los 105°C se obtiene el

punto de ebullición del compuesto y se muestran algunas burbujas en la muestra. 40 minutos después y a una temperatura de 110 °C se comenzó a obtener muestra en el recipiente de recolección. Después de dos horas y cuarenta minutos se produjo un estancamiento en el proceso, se dejó de producir burbujas y gas que lleven la muestra al serpentín, en este punto se obtuvo el máximo de recolección que brindo cada una de las muestras; revisar tabla 22.

**Tabla 22. Evaluación de producción de combustible mediante la destilación**

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE EN LA DESTILACION						
Muestra	Inicial		Final		$\Delta V = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$	Volumen
	[ml]	[kg]	[ml]	[kg]	[ml]	[%]
1	180	0.15	175.1	0.146	4.9	2.72
2	180	0.15	178	0.144	2	1.11
3	180	0.15	178	0.144	2	1.11
4	180	0.15	176.4	0.143	3.6	2.00
5	180	0.15	177	0.143	3	1.67

Fuente: el autor



**Figura 28. Cantidad de producto final obtenidos**

Fuente: el autor

Se logró obtener un promedio de 3,1 mililitros de producto final luego del proceso de destilación de 5 muestras de diferentes talleres; inicialmente en todas las muestras, después de su ebullición y subiendo la temperatura a 110° C, se empieza a obtener producto destilado con una tonalidad verdosa a simple vista, luego de la adecuación de temperaturas se consiguió un color con tonalidad entre rojizo y naranjado que permitió llegar a un color y olor muy similar que brinda la gasolina en su estado de venta al consumidor.

En Ocaña hay registradas, según datos de secretaría de tránsito y transporte municipal (32.788) motocicletas, de las cuales se obtiene aproximadamente 885.276 L mensuales de residuos de aceite usados, (Ver ecuación 1 ), con el cual se puede obtener 27.443 L, (Ver ecuación 2; ver datos tabla 23) de combustible al mes aparte de los derivados que se producen del residuo restante. Tales como material asfáltico, reutilización de aceites y abono, los cuales alivia el impacto ambiental que produce el desecho de estos residuos en las fuentes hídricas y el subsuelo (Fong Silva et al., 2017) .

La tabla 23, muestra el potencial de producción mensual mediante el proceso de destilación, que puede ser mejorado y adecuado a un proceso a mayor escala al producir una rentabilidad y aprovechamiento del proceso.

**Tabla 23. Evolución del proceso de producción de destilación**

<b>EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN</b>	
<b>Cantidad producida mensual</b>	<b>Cantidad de combustible obtenido</b>

[L]	[L]
885.276	27.443

**Fuente:** el autor

### Por medio del software Aspen.

En la tabla 24 se puede apreciar los alcanos con mayor concentración que nos arroja la destilación por medio del programa Aspen, estos datos nos evidencia una gran cantidad de hidrocarburo recuperado del aceite residuo en los diferentes periodos por medio de este proceso.

**Tabla 24. Generación de combustible en diferentes periodos de tiempo.**

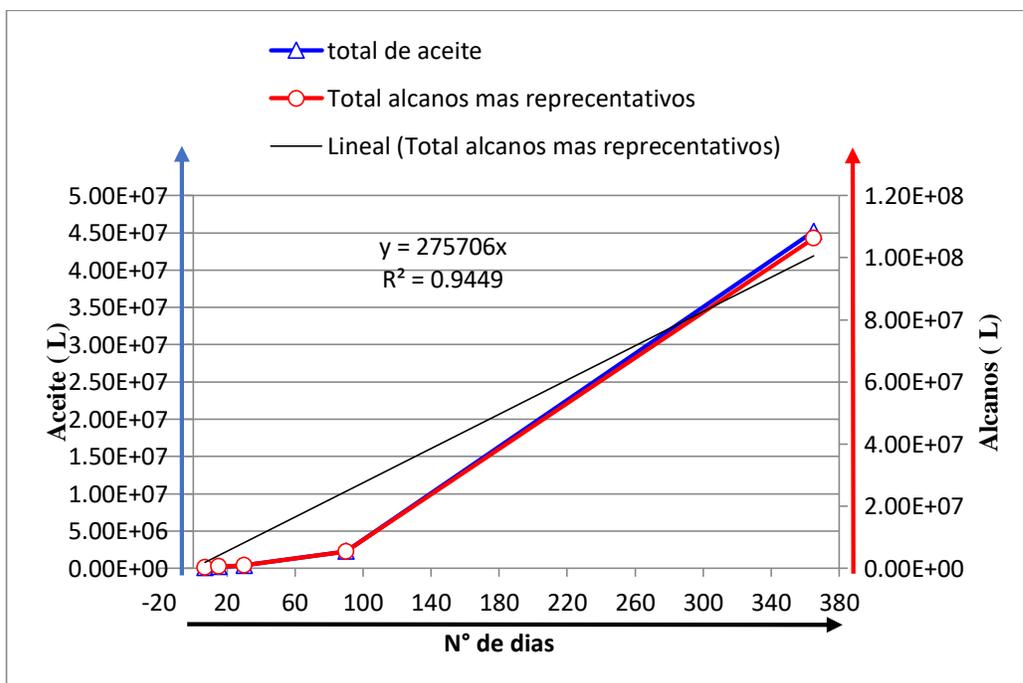
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLE POR MEDIO DE ASPEN					
Calculo de generación de	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
aceite residual					
<b>Total de aceite ( L )</b>	206564	442638	885276	5311656	106233112
<b>Producción total de combustible ( L )</b>	87933,06	188427,65	376855,95	2,26E+06	4,52E+07

**Fuente:** El Autor

La figura 29 muestra el incremento lineal de producción de hidrocarburo, que se empieza a evidenciar a partir de los 30 días y que es notoria después de los 90 días, esto se debe a que a mayor aceite residuo mayor es la obtención de hidrocarburos, es decir a mayor periodo de tiempo en recolección de aceite residuo de acuerdo a la ecuación 1 el comportamiento en la

obtención de hidrocarburos tiende a ser lineal. El programa Aspen nos permite evidenciar que es alta la cantidad de compuesto obtenido, se puede comprobar que de 885.227 L de aceite residuo recolectado mensualmente, al realizar la destilación por medio del programa a esta cantidad de aceite, se obtiene 376.855,95 que representa el 42 % que es una cifra significativa.

De acuerdo a la información arrojada por el programa, al ingresar el volumen de aceite residuo a destilar en los diferentes periodos, se evidencia un 42% de hidrocarburos obtenido del total del volumen en cada uno de estos periodos, esto quiere decir que a mayor volumen de aceite residuo a destilar, mayor es el producto hidrocarburo obtenido por periodo.



**Figura 29. Producción de hidrocarburo respecto al aceite**

**Fuente:** El Autor

Para realizar el proceso de evaluación de resultados, se hace un incremento en el parámetro de temperatura a 700°C, luego a 1000°C y después descenderla para verificar que pasa a menor temperatura; se ingresa una temperatura por debajo de lo recomendable en el proceso de destilación que es 450°C, para este caso específico se decide bajar 50°C y se utilizó 400°C revisar tabla 25, en el componente RYield, para recopilar información, comparar y evaluar lo que pasa en el proceso con este aumento y reducción de temperatura. Se puede apreciar un claro cambio en los resultados de los principales hidrocarburos arrojados por el programa.

**Tabla 25. Temperaturas simulación.**

T RYIELD	
Ti	450
T1	700
T2	1000
T3	400

**Fuente:** El Autor

En la tabla 26 se puede observar la variación en los resultado de la simulación, al aumentar a 700°C se puede apreciar una deducción de 13.994, 39 L en la producción de hidrocarburos siendo un 1.58%, esto quiere decir que a esta temperatura ya se está perdiendo por cambio de fase un volumen considerable de hidrocarburos, lo que hace que la eficiencia en el proceso de destilación disminuya.

Como se pudo percibir antes de los 700°C ya se empezaba el cambio de fase en este proceso, por eso al elevar la temperatura a 1000°C se puede notar que la producción de hidrocarburos es prácticamente nula debido al evaporamiento excesivo, siendo para este caso el proceso de simulación de destilación una pérdida total.

**Tabla 26. Comparación de resultados a mayor temperatura**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN MENSUAL DE ACEITE RESIDUO</b>						
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor línea</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>S18 a 450°C</b>		<b>S18 a 700°C</b>		<b>S18 a 1000°C</b>	
<b>C24</b>	44516,1	5,028	43481,52	4,911	7,41E-18	8,E-22
<b>C25</b>	51803,22	5,851	50335,75	5,685	8,09E-18	9,E-22
<b>C26</b>	55658,96	6,287	53877,43	6,085	8,06E-18	9,E-22
<b>C27</b>	66540,24	7,516	63649,97	7,189	8,99E-18	1,E-21
<b>C28</b>	71242,64	8,047	67933,84	7,673	9,04E-18	1,E-21
<b>C29</b>	87094,79	9,838	83583,05	9,441	1,04E-17	1,E-21
<b>TOTAL</b>	<b>376855,95</b>	<b>42,569</b>	<b>362861,56</b>	<b>40,988</b>	<b>5,20E-17</b>	<b>6,E-21</b>

**Fuente:** El Autor

En la figura 30 se puede observar que al elevar la temperatura a 700°C es necesario aumentar el flujo de agua en la entrada de los intercambiadores de calor para poder seguir de manera controlada el proceso de destilación. Por este motivo se aumenta a 10.000 L/min conservando una temperatura de 25°C.

Specifications

Flash Type: Temperature Pressure

State variables

Temperature: 25 C

Pressure: 1 bar

Vapor fraction:

Total flow basis: Volume

Total flow rate: 10000 l/min

Solvent:

Composition

Mole-Frac

Component	Value
WATER	1
N-EIC-01	
NITRO-02	
C1	
C2	
C3	
C4	
C5	
C6	
C7	
C8	
C9	
C10	
C11	
C12	
C13	
C14	
C15	
C16	
C17	
C18	
C19	
C20	
C21	

**Figura 30. Simulación a 700°C**

**Fuente:** El Autor

En la tabla 27 se puede apreciar los resultados arrojados por el programa en cuanto a la temperatura con la que se realizó el documento, versus una temperatura 50°C menor a lo recomendado en el proceso de destilación; se puede ver que a la temperatura de 400°C que no es la adecuada, tiene resultados muy cercanos a lo esencial y es posible trabajar bajo este parámetro, aunque es muy poca la diferencia de 316 L equivalente al 0.035% es más eficiente los resultados arrojados con una temperatura de los 450°C.

**Tabla 27. Comparación de resultados a menor temperatura**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN MENSUAL DE ACEITE RESIDUO</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea S18 a</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor línea S18 a</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b>450°C</b>		<b>400°C</b>	
<b>C24</b>	44516,1	5,028	44478,77	5,024
<b>C25</b>	51803,22	5,851	51759,78	5,846
<b>C26</b>	55658,96	6,287	55612,29	6,281
<b>C27</b>	66540,24	7,516	66484,45	7,510
<b>C28</b>	71242,64	8,047	71182,9	8,040
<b>C29</b>	87094,79	9,838	87021,76	9,829
<b>TOTAL</b>	<b>376855,95</b>	<b>42,569</b>	<b>376539,95</b>	<b>42,533</b>

**Fuente:** El Autor

Para finalizar con el análisis, se hace un cambio en la línea de entrada manteniendo los mismos parámetros de la simulación con el componente  $C_{20}H_{42}$ , ya que se comprobó que estos parámetros son los más idóneos para realizar la simulación de destilación.

En la nueva simulación se emplea el componente Nonacosano  $C_{29}H_{60}$  en la línea de entrada Oil; el  $C_{29}H_{60}$  es un elemento de tipo hidrocarburo saturado, perteneciente a la familia de los alcanos lineales y está compuesto por enlaces sencillos, este componente se ha encontrado dentro de varios tipos de aceites esenciales, por lo tanto es un candidato ideal para hacer la evaluación comparativa respecto al  $C_{20}H_{42}$  (Eduardo Iriarte, 2007).

Mediante el programa Aspen se realiza la simulación de la destilación con el nuevo compuesto, por ello fue necesario realizar estequiometría para encontrar valores que se deben asignar como datos conocidos, debido al cambio de la composición química. En la tabla 28 para el periodo de un mes, se puede observar después de realizada la simulación de destilación bajo los mismos parámetros que el  $C_{20}H_{42}$ , que se presenta una leve disminución en el producto hidrocarburo, cifra que representa el 0.61%.

El producto obtenido al destilar el nonacosano es levemente menor al del eicosano, esto se debe a que el nonacosano presenta un punto de ebullición  $70^\circ$  por encima que el eicosano, que es de  $300^\circ C$  y al realizar la simulación con los mismos parámetros que en el caso del eicosano el proceso de producción tiene una leve variación para alcanzar una descomposición del componente y poder posteriormente generar los nuevos compuestos.

**Tabla 28. Comparación de resultados de variación química.**

<b>ELEMENTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN MENSUAL DE ACEITE RESIDUO</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Valor línea S18 a</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor línea S18 a</b>	<b>Porcentaje</b>
	<b><math>450^\circ C C_{20}H_{42}</math></b>		<b><math>450^\circ C C_{29}H_{60}</math></b>	
<b>C24</b>	44516,1	5,028	44103,89	4,982
<b>C25</b>	51803,22	5,851	51225,32	5,786
<b>C26</b>	55658,96	6,287	54938,57	6,206
<b>C27</b>	66540,24	7,516	65545,09	7,404
<b>C28</b>	71242,64	8,047	70071,68	7,915
<b>C29</b>	87094,79	9,838	85589,95	9,668
<b>TOTAL</b>	<b>376855,95</b>	<b>42,569</b>	<b>371474,5</b>	<b>41,961</b>

**Fuente:** El Autor

## Capítulo 5 Conclusión

Por medio de encuesta se visita y recopila información de un número de talleres del municipio que entre sus actividades está el cambio de aceite, con el fin de obtener un dato más preciso del número de residuos de aceite que se produce para tener claro que; la cantidad de contaminación que se crea es muy alta y la educación sobre cada una de las normas y daños ambientales producidos por estos residuos es prácticamente nula. Es de resaltar que estos datos solo se tomaron con el fin de tener una perspectiva de lo que ocurre en Ocaña N.S y posiblemente en muchas partes del país. Posterior a esto se llevó a cabo una evaluación del proceso de obtención de combustible usando el programa Aspen, junto con una destilación experimental realizada en el laboratorio de química de la UFPSO. A partir de los resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones:

La información recolectada permite evidenciar el bajo nivel de conocimiento que se tiene en los diferentes establecimientos para el cambio de aceite respecto al manejo adecuado de este, en lo referente a los ubicados dentro de la zona limítrofe de Ocaña N.S.

Después de analizar los datos recopilados se puede afirmar que hay una cantidad considerable de residuos de aceite en Ocaña N.S, provenientes de establecimientos que entre sus actividades está el cambio de aceite, los cuales de acuerdo a lo descrito en el marco teórico de este documento es viable reutilizar si se les da un adecuado manejo; se pueden reciclar para la obtención de combustible, evitando el vertimiento a las redes de alcantarillado y el inadecuado uso que actualmente se le está dando.

El proceso de destilación se llevó a cabo en los laboratorios de la UFPSO, la temperatura para realizar este laboratorio se debe incrementar controladamente pasando por el punto de ebullición del agua hasta su cambio de fase y así separarla del aceite, hasta llegar a los 450°C que es la temperatura adecuada, teniendo en cuenta estos parámetros es posible obtener como producto de la destilación un compuesto con características en color y olor similares a la gasolina.

Se deja un campo abierto para futuras investigaciones, las cuales pueden ejecutarse de manera interdisciplinar con los diferentes pregrados existentes en la UFPSO. La contaminación y el proceso de producción de residuos peligrosos en Ocaña es muy alta es por eso que se deja abierto el tema del crecimiento de talleres no tecnificados para evaluar en futuras investigaciones.

Como resultado de la destilación por medio del programa Aspen tenemos un 42% de producto tipo hidrocarburo que mediante un análisis más profundo se puede utilizar como combustible, además de este resultado el 58% es material utilizable con otros fines.

Teniendo en cuenta la variación de temperaturas en el sistema de destilación por medio del programa Aspen, se pudo comprobar mediante verificación en la simulación que la temperatura adecuada para este proceso debe ser de 450°C como es recomendado en el proceso de destilación, ya que al elevar por encima de esta temperatura se empieza a generar pérdidas en el resultado producido, esto debido a su rápido cambio de fase, además de ser

necesario aumentar el caudal de refrigerante en la entrada de los intercambiadores de calor para seguir con el buen funcionamiento del proceso.

En el caso de la temperatura 400°C inferior a lo recomendado, se tiene como resultado después de la simulación, que los datos se acercan a los encontrados con una temperatura de 450°C pero no son los más óptimos, por ende no se alcanza a la eficiencia esperada; después de realizar estas variaciones de temperatura se puede constatar mediante la simulación que 450°C es la temperatura adecuada para realizar y obtener buenos resultados debido a que no hay pérdidas considerables por cambio de fase y se llega a su punto máximo de producción.

Debido a que se utilizó un compuesto perteneciente a la familia de los alcanos en este caso el nanocosano y se realizó la simulación con los mismos parámetros, la variación de hidrocarburo obtenido fue de 5341,85 L por debajo de la producción del compuesto con el que se decidió trabajar, se debe realizar un aumento de temperatura basado en su punto de ebullición, que es mayor a la temperatura de ebullición del compuesto estudiado, para una obtención de hidrocarburo adecuado y acorde con lo que se tiene con el compuesto inicial.

Dentro de las propiedades del aceite residuo es posible encontrar diferentes compuestos de tipo alcano, con una investigación más profunda se puede encontrar cuál de estos, al aplicar la simulación variando parámetros, es el más eficiente para la obtención de hidrocarburos.

Se puede concluir que de acuerdo con los datos obtenidos en el proceso de destilación por medio del programa Aspen, es viable la recuperación y reutilización de aceites residuos de motor con fines aplicativos en el campo de hidrocarburos, teniendo en cuenta la cantidad de aceite residuo generado por el parque automotor que como se evidenció en secretaría de tránsito y transporte municipal es considerablemente alta, esto quiere decir que el volumen de aceite residuo de motor, variable necesaria en esta investigación para la obtención de hidrocarburos por medio de destilación es constante.

## Capítulo 6 Recomendación

Para el mejoramiento del proceso de destilación, se requiere equipos adecuados que reduzcan las pérdidas de energía y la emanación de fuertes olores que se desprenden, durante el proceso de recuperación de compuestos. El sellado del recipiente puede ser una alternativa viable que facilite la contención de los residuos originados del proceso, así como las pérdidas de calor. Por otro lado, el uso de una manta térmica permitiría un mejoramiento del proceso, una vez que la transferencia de energía sería más directa entre la fuente y el residuo de aceite a ser destilado.

Para futuras investigaciones relacionadas con este proyecto se ve necesario implementar, capacitaciones respecto a las normas y estándares requeridos para la recolección y almacenamiento de aceite residuo de motor.

## Referencias

- ABDOLA TABRAUE, M. (Servici. de E. y C. A. (2004). Weblet Importer. Retrieved September 23, 2018, from <http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/sostenibilidad/apps/revista/1994/2/183/index.html>
- Adeniyi, A. G., Adewoye, L. T., & Ighalo, J. O. (2018). Computer aided simulation of the pyrolysis of waste lubricating oil using aspen Hysys. *Environmental Research, Engineering and Management*, 74(2), 52–57. <https://doi.org/10.5755/j01.arem.74.2.20537>
- Aromaticos, P. D. E. L. O. S. H. (n.d.). Hidrocarburos aromaticos.
- Arpa, O., Yumrutas, R., & Demirbas, A. (2010). Production of diesel-like fuel from waste engine oil by pyrolytic distillation. *Applied Energy*, 87(1), 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.05.042>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Artículo 79 de la Constitución Política de Colombia. Retrieved August 27, 2018, from <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-79>
- Aspen tech. (1970). Simulación de procesos químicos usando Aspen Plus :: Modelado y Simulación. Retrieved August 14, 2018, from <https://modeladoysimulacioneniqu.webnode.es/simulacion-en-ee/simulacion-de-procesos-quimicos-usando-aspen-plus/>
- ASTM D2892 - Método de prueba estándar de 18a para la destilación de petróleo crudo (columna de placa teórica 15). (2018). Retrieved July 4, 2019, from

<https://www.astm.org/Standards/D2892.htm>

ASTM D86 - 18 Método de prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica. (2012). Retrieved July 4, 2019, from <https://www.astm.org/Standards/D86>

C.BRWON, M., & PEÑA GALLO. (2017). Por qué debería recuperar y reciclar el aceite usado. Retrieved August 29, 2018, from <http://noria.mx/lublearn/por-que-deberia-recuperar-y-reciclar-el-aceite-usado/>

Centro de Actividades Regionales para la Producción limpia, España. (2003). Guía de Buenas Prácticas Ambientales para las empresas náuticas. Retrieved September 23, 2018, from [http://www.cprac.org/various/cprac\\_manual\\_nautic/es/content.php-id=138.htm](http://www.cprac.org/various/cprac_manual_nautic/es/content.php-id=138.htm)

Congreso De La Republica de Colombia. (1996). Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY\_0253\_1996]. Retrieved August 27, 2018, from [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0253\\_1996.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0253_1996.html)

Congreso De La Republica de Colombia. (2008). Ley 9 De 1979. *Vasa*, 1979(enero 24), 13. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Delgado, I. E., Parra, I. J., Aguilar, L., Guevara, D., & Novoa, J. (2007). Combustibles Alternativos a Partir De Aceites, (6), 110–115.

destillatio. (2013). La historia de la destilación. Retrieved December 6, 2018, from <https://www.destillatio.eu/es/blog/La-historia-de-la-destilaci-oacute-n/b-94/>

división de investigación FIUBA. (n.d.). PROPIEDADES TÉRMICAS DE ACEITE MINERAL. Retrieved from <http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla7.pdf>

Eduardo Iriarte, D. P. (2007). Trabajos de Química: QUÍMICA ORGÁNICA. Retrieved

August 21, 2019, from <http://grupo8dequimica.blogspot.com/2007/11/los-hidrocarburos-y-sus-compuestos.html>

Escobar Serrano, M. L., Meneses Trujillo, D. F., Homez Ramires, A., & Buitrago Sarmiento, A. (2017). transporte en cifras estadísticas 2017. bogota: ministerio de transporte.

Retrieved from

[https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos\\_del\\_ministerio/Estadisticas](https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Estadisticas)

Fong Silva, W., Quiñonez Bolaños, E., & Tejada Tovar, C. (2017). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje Physical-chemical characterization of spent engine oils for its recyclingchemical characterization of spent engine oils for its recycling" *Physical-, Prospectiva*, 15(2), 135–144.

<https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.782>

labte, laboratorio de técnicas experimentales. (2013). FTIR. Retrieved July 25, 2019, from

<http://www.labte.es/index.php/es/2013-11-03-19-54-23/tecnicas-espectroscopicas/ensayos-mediante-ft-ir>

Lima, A. (2016). Cada cuántos kilómetros se cambia el aceite - Doctor Auto. Retrieved

August 14, 2018, from <http://www.doctorauto.com.mx/2016/04/27/cada-cuantos-kilometros-se-cambia-el-aceite/>

ministerio de medio ambiente. (1994). Resolucion 189 de1994. Retrieved August 27, 2018, from

[http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion189\\_19940715.htm](http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion189_19940715.htm)

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (1990). Decreto 283 de 1990, 1990(39).

Ministerio del Medio Ambiente. (1997). *resolución 1170 de 1997*. Retrieved from

[http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/normograma\\_files/RESOLUCION11701997.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/RESOLUCION11701997.pdf)

Ministerio del Medio Ambiente. (1998). Política para la gestión integral de residuos solidos.

<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Nu, E., Rica, C., & Unidos, E. (1996). Ciudad De Cali . Alternativas De Uso, 4–11.

pacto global, red C. (1999). El Pacto Global. Retrieved August 25, 2018, from

<https://www.pactoglobal-colombia.org/pacto-global-colombia/que-es-pacto-global-colombia.html#que-es-el-pacto-global>

quimiNet. (2006). ¿Qué son los aceites lubricantes? | QuimiNet.com. Retrieved August 29,

2018, from <https://www.quiminet.com/articulos/que-son-los-aceites-lubricantes-4024.htm>

Técnico, M., El, P., Manuel, J., Calderón, S., Técnico, M., El, P., & Aceites, M. D. E. (2014).

*Aceites Lubricantes Usados.*

Toxnet. (2017). n-Eicosane CASRN. Retrieved July 29, 2019, from

<https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+112-95-8>

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, F. (2002). Propiedades térmicas de algunos aceites y

glicerinas. Retrieved from <http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla7.pdf>