

**Factibilidad técnica y económica para recuperar la corriente de cima de la T-1111 A de la  
unidad de tratamiento nafténico U-1110 del Departamento de Parafinas y Fenol en la  
Gerencia Refinería de Barrancabermeja.**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniería de Procesos de  
Refinación y Petroquímica.**

**Ludwing Arturo Pico Jiménez**

**Ingeniero de Producción**

**Director:**

**Ramiro Martínez Rey**

**Ingeniero Químico, PhD**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas**

**Escuela de Ingeniería Química**

**Ingeniería de Procesos de Refinación y Petroquímica.**

**Bucaramanga**

**2022**

### **Dedicatoria y agradecimientos**

En todo momento le doy gracias a DIOS por todas las hermosas oportunidades en la vida, que me ha brindado para mi desarrollo personal, y profesional.

A mi familia, esposa e hijas, por ese aporte, ese apoyo, paciencia, dedicación, comprensión, buen entendimiento para las metas trazadas en el camino de nuestra vida.

A mis profesores, en especial por su apoyo, paciencia del PhD. Ingeniero Ramiro Martinez Rey, igual al Ing. Eder Baquero de la industria del Petróleo (Ecopetrol S.A ).

## Tabla de Contenido

Introducción	13
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos	14
2. Marco conceptual	15
2.1 Conceptos de la destilación	15
2.2 Conceptos de la hidrogenación	17
2.3 Conceptos de HDA (hidrodearomatización).	18
2.4 Estado del arte	22
3. Metodología	24
4. Resultados	27
5. Conclusiones	41
Bibliografía	43
Apendice	45

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Esquema típico de destilación.</i>	16
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de un sistema de hidrogenación.</i>	18
<b>Figura 3.</b> <i>Desarrollo del concepto del índice de viscosidad (Lynch, 2008)</i>	20
<b>Figura 4.</b> <i>Mecanismo de saturación de aromáticos</i>	21
<b>Figura 5.</b> <i>Cambios del índice de viscosidad posibles en el proceso.</i>	22
<b>Figura 6.</b> <i>Diagrama de Flujo de la metodología</i>	24
<b>Figura 7.</b> <i>Diagrama de Flujo de la Unidad de Proceso.</i>	27
<b>Figura 8.</b> <i>Gráfica %vol. aromáticos de los productos y las muestras de cima T-1111 A.</i>	32
<b>Figura 9.</b> <i>Gráfica destilación ACPM hidrotratado pesado.</i>	33
<b>Figura 10.</b> <i>Gráfica destilación ACPM pozos colorados.</i>	34
<b>Figura 11.</b> <i>Gráfica destilación diesel extra B2.</i>	35
<b>Figura 12.</b> <i>Gráfica destilación corrida refinato medio.</i>	36
<b>Figura 13.</b> <i>Gráfica destilación corrida refinato liviano.</i>	37
<b>Figura 14.</b> <i>Gráfica ppm de azufre de los productos y las muestras de cima T-1111 A.</i>	38

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Características fisicoquímicas de las muestras de cima de la T-1111 A (corrida refinato medio).</i>	28
<b>Tabla 2.</b> <i>Características fisicoquímicas de las muestras de cima T-1111 A (corrida refinato liviano).</i>	30
<b>Tabla 3.</b> <i>Determinación de la viabilidad financiera para la recuperación de la corriente de cima T-1111 A.</i>	39

### Lista de Apéndices

Apéndice A. Tablas de las condiciones de operación de las corridas de refinato liviano.	46
Apéndice B. Tablas de las condiciones de operación de las corridas de refinato medio.	47
Apéndice C. Tabla de las condiciones de operación de la corrida de desparafinado liviano.	49
Apéndice D. Tabla de las condiciones de operación de la corrida de base Ecopetrol parafínica media reprocesada.	50
Apéndice E. Fotografías de las muestras de cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato medio.	51
Apéndice F. Fotografías de las muestras de cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato liviano.	52
Apéndice G. Fotografía de la muestra de cima de la T-1111 A, con la corrida de base Ecopetrol parafínica media reprocesada.	53
Apéndice H. Fotografía de la muestra de cima de la T-1111 A, con la corrida de desparafinado liviano.	54
Apéndice I. Tabla de las características fisicoquímicas de las muestras del ACPM hidrotratado pesado (refinería).	55
Apéndice J. Tabla de las características fisicoquímicas de las muestras de ACPM Pozos Colorados.	56
Apéndice K. Tabla de las características fisicoquímicas de las muestras del ACPM extra B2 (refinería).	58

## Glosario

**ACPM:** Aceite combustible para motores

**B/C:** Costo – beneficio, siglas

**Blending:** Mezcla

**BPD:** Barriles por día, Barriles/día

**C.W:** Agua de enfriamiento

**Corrida:** Operación de una unidad de proceso con una carga determinada

**cSt:** Centistokes, es una unidad de viscosidad cinemática en el sistema cegesimal

**D:** Tambor, siglas en español

**Desparafinado:** Producto de una separación física en presencia de un solvente llamado MEC, metil, etil, cetona, en donde se separa el aceite de la cera, y toma el nombre sea liviano, medio con respecto a la carga que se procesa.

**E:** Intercambiador de calor, siglas en español.

**F:** Filtro, siglas en español

**F:** Grados Fahrenheit, escala de temperatura, siglas en español

**Factibilidad técnica:** Recursos necesarios para efectuar actividades que se requieran en el proyecto, como son conocimientos, habilidades, experiencia, herramientas, etc

**FCC:** Cracking Catalítico Fluidizado

**FV:** Válvula controladora de flujo, siglas en español

**GLP:** Gas licuado del petróleo

**Grados °API:** Es una medida de densidad en comparación con el agua a temperaturas iguales precisa cuan pesado o livianos es el petróleo.

**H:** Horno, siglas en español

**Índice de cetano:** Mide el grado de autoignición del acpm durante el proceso de combustión

**Jet A:** Combustible para aviación

**Olefinas:** Hidrocarburos insaturados que tiene doble enlace carbono – carbono en su molécula

**°P.I.E:** Punto inicial de ebullición, siglas en español

**P.F.E:** Punto final de ebullición, siglas en español

**P:** Bomba, siglas en español

**PPM:** Partes por millón

**Punto de fluidez:** Temperatura más baja a la cuál un lubricante fluirá

**Punto de inflamación:** Es donde la sustancia empieza a arder de forma espontánea, sin necesidad de una fuente de calor

**R:** Reactor, siglas en español

**Rafinado:** Producto de una extracción líquido – líquido con un solvente llamado fenol, en donde se retiran los compuestos saturados, aromáticos, resinas, asfáltenos, y toma el nombre sea liviano, medio con respecto a la carga que se procesa.

**SP:** Sistema de bombeo.

**SUS:** Unidades universales saybolt

**T:** Torre de proceso, siglas en español.

**TI:** Indicador de temperatura, siglas en español

**TV:** Válvula controladora de temperatura, siglas en español

**V.I:** índice de viscosidad, en donde un valor de 100 es lo máximo superior para un lubricante y un valor de 0 es lo máximo inferior para el lubricante.

**Viabilidad financiera:** Determinar una rentabilidad, basados en el análisis de una inversión inicial, beneficios, y costos de la ejecución de un proyecto.

## Resumen

**TITULO:** Factibilidad técnica y económica para recuperar la corriente de cima de la t-1111 a, de la unidad de tratamiento nafténico u-1110 del departamento de parafinas y fenol en la gerencia refinería de Barrancabermeja.\*

**AUTOR:** Ludwing Arturo Pico Jiménez.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Hidrotratamiento, Hda, Torre Despojadora Al Vacío.

En el presente trabajo, se plantea un estudio en la búsqueda de mejores alternativas para recuperar la corriente de cima de la torre despojadora al vacío (T-1111 A) utilizada en la U-1110 (Tratamientos con hidrógeno) del Departamento de Parafinas y Fenol.

Para llevar a cabo esto se comienza con la evaluación de las diferentes corridas realizadas en la unidad de proceso, la cual opera bajo la filosofía de HDA (hidrodearomatización), que busca mejorar el índice de viscosidad en las bases parafínicas.

Luego, utilizando métodos de muestreo y analizando los resultados del laboratorio se busca a nivel de refinería alternativas las cuales nos permitan utilizar esta corriente, y no enviar más este producto hacia gasóleo.

Con las características encontradas en el producto de cima de la T-1111 A, se pueden utilizar para aumentar el volumen del ACPM hidrotratado pesado almacenado en la casa bombas N°2, al igual un aumento en la producción de medios a nivel de la refinería de Barrancabermeja.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director PhD. Ramiro Martínez Rey.

### Abstract

**TITLE:** Technical and economic feasibility to recover the current of the top of the T-1111 A, of the U-1110 naphthenic treatment unit of the paraffin and phenol department in the Barrancabermeja refinery management.\*

**AUTHOR:** Ludwing Arturo Pico Jimenez.\*\*

**KEY WORDS:** Hydrotreatment, Hda, Vacuum Stripping Tower.

In the present work, a study is proposed in the search for better alternatives to recover the top current of the vacuum stripping tower (T-1111 A) used in the U-1110 (Treatments with hydrogen) of the Department of Paraffins and Phenol.

To carry out this, it begins with the evaluation of the different runs carried out in the process unit, which operates under the philosophy of HDA (hydrodearomatization), which seeks to improve the viscosity index in paraffinic bases.

Then, using sampling methods and analyzing the laboratory results, alternatives are sought at the refinery level which allow us to use this current, and no longer send this product to diesel.

With the characteristics found in the top product of T-1111 A, they can be used to increase the volume of heavy hydrotreated ACPM stored in pump house No. 2, as well as an increase in the production of media at the refinery level. from Barrancabermeja.

---

\* Degree work.

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering, School of Chemical Engineering. Director Ph.D. Ramiro Martinez King

## Introducción

A nivel mundial existen combustibles que se utilizan en el campo de los automóviles y la industria en general, los cuales se obtienen de los diferentes procesos de la refinación del crudo (Ejemplo: Destilación atmosférica, la hidrogenación, FCC, etc), estos combustibles en relación con la calidad y desempeño dependen de la materia prima, el crudo.

En la Refinería de ECOPETROL S.A situada en la ciudad de Barrancabermeja, se encuentra el Departamento de Parafinas y Fenol el cual cuenta con unidades de tratamientos con hidrógeno [1], las cuales permiten la producción de bases lubricantes y parafina para la demanda nacional.

En este proceso al finalizar las etapas del tratamiento con hidrógeno la corriente hidrogenada llega a la torre despojadora al vacío (T-1111 A) en donde por la parte superior son retirados los vapores de cima, donde estos después de ser enfriados en los condensadores de cima son enviados hacia el cabezal de gasóleo.

En esta filosofía de operación conlleva a que dichas corrientes de cima ricas en moléculas de hidrocarburo liviano no sean aprovechadas en su totalidad, lo que conduce a que el Departamento de Parafinas y Fenol no alcance las metas de valor agregado durante el proceso de refinación que lidera.

Por lo tanto, el interés de este trabajo se ha dirigido hacia la búsqueda de diferentes alternativas técnicas, y económicas para el uso de la corriente de cima de la T-1111 A (Torre despojadora al vacío).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> \* FCC: Cracking Catalítico Fluidizado.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Establecer una factibilidad técnica y económica para el aprovechamiento de la corriente de cima de la T-1111 A (Torre despojadora al vacío), con el propósito de aumentar el valor agregado del proceso de refinación que lidera en la refinería de Barrancabermeja el departamento de Parafinas y Fenol.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Identificar características fisicoquímicas de la corriente de cima de la T-1111 A (Torre despojadora al vacío), para establecer alternativas económicas que generen valor agregado.
- Evaluar el mayor potencial económico de la corriente de cima de la Torre despojadora al vacío (T-1111A).
- Determinar la viabilidad financiera en el proceso de la recuperación de la corriente de cima de la T-1111 A (Torre despojadora al vacío).

## **2. Marco conceptual**

### **2.1 Conceptos de la destilación**

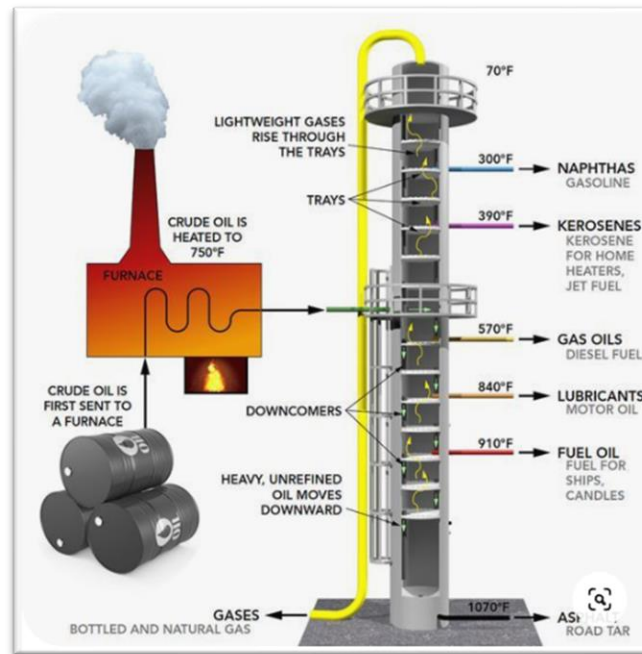
En la destilación atmosférica podemos decir que es un proceso físico utilizado para la separación de una mezcla de componentes aprovechando sus diferentes puntos de ebullición, pero con rangos muy cercanos.

El material con menor punto de ebullición es vaporizado por medio de un calor suministrado al proceso, estos componentes livianos son enfriados – condensados en la cima de una torre y recuperados como producto líquido.

Los materiales con mayor punto de ebullición que se vaporizan, son enfriados – condensados a líquido por una corriente de reflujo que fluye hacia abajo en la columna de destilación, y estos son recuperados en corrientes de extracción lateral y de fondo.

**Figura 1.**

*Esquema típico de destilación.*



Las unidades de proceso de la Refinería de ECOPETROL S.A, situada en la ciudad de Barrancabermeja operan bajo un esquema de refinación en donde generan viabilidad, y rentabilidad al negocio.

1. Cada uno de ellas generan productos los cuales podemos clasificar de acuerdo a sus usos:
2. Productos combustibles: gasolina motor, gasolina extra, a.c.p.m (diesel), diesel marino, jet A-1, glp (gas licuado del petróleo).
3. Productos petroquímicos e industriales: polietileno, propileno, ciclohexano, xilenos mezclados, tolueno, orthoxileno, Combustóleo (fuel-oil), aceite liviano de ciclo, disolventes alifáticos, asfalto, bases lubricantes, parafinas, azufre, entre otros.

## 2.2 Conceptos de la hidrogenación

Los procesos de hidrogenación consisten en la adición química del hidrógeno ( $H_2$ ) en presencia de un catalizador para dar tratamiento a fracciones del petróleo provenientes de las unidades de destilación atmosférica o al vacío, reduciendo la cantidad de compuestos que afectan la calidad de los mismos (contenido de azufre, nitrógeno, olefinas, aromáticos, etc).

En estos procesos existen tres reacciones representativas de cualquier compuesto derivado del petróleo (purificación, saturación y de craqueo).

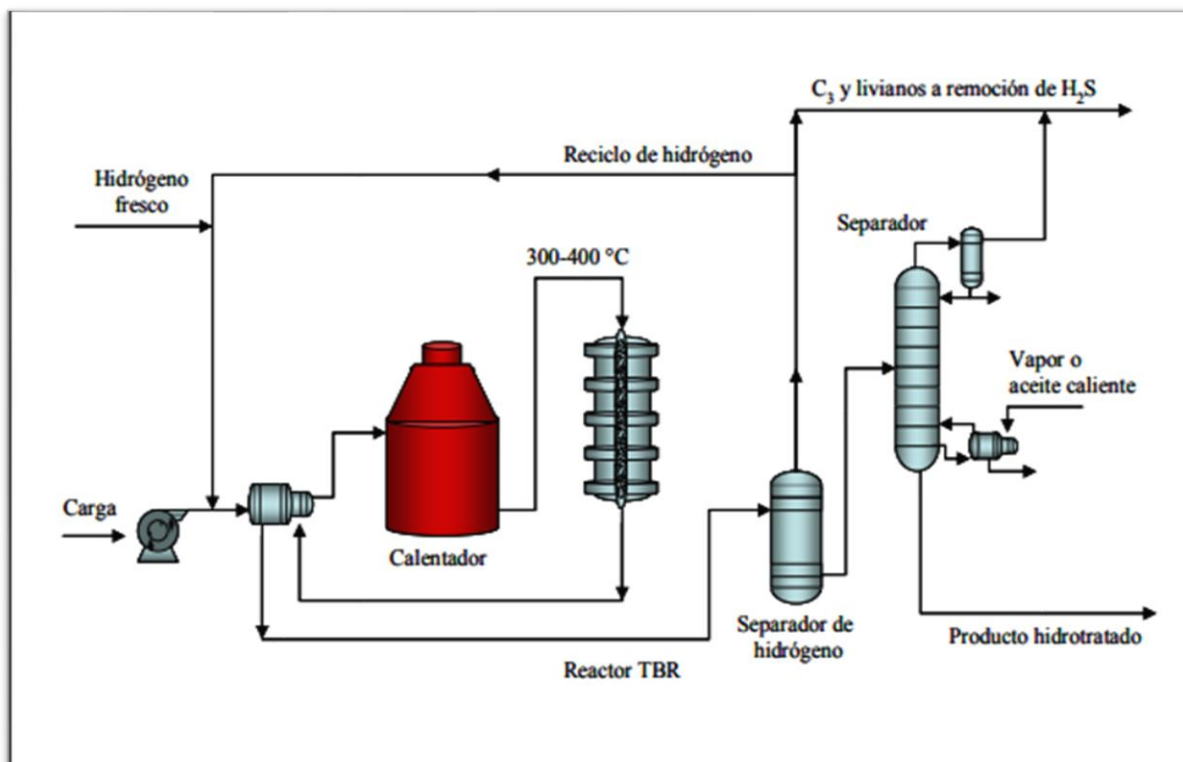
La reacción de purificación: Es la primera que se genera en los procesos de tratamiento con hidrógeno, cuyo principal objetivo es purificar la carga sustituyendo, por hidrógeno, elementos como el azufre (llamadas hidrodesulfurización), nitrógeno (llamadas hidrodesnitrogenación) y metales (llamadas hidrodesmetalización).

La reacción de saturación: Es la segunda que se genera en el hidrotreatmento, esta reacción se basa en la saturación de los dobles enlaces que se encuentran en varios compuestos orgánicos como son los aromáticos y las olefinas.

La reacción de craqueo: Se presenta cuando la hidrogenación es muy severa, por ser llevada ésta a altas temperaturas lo cual ocasiona, por ejemplo, que los compuestos aromáticos además de saturarse y convertirse en naftenos lleguen a descomponerse en moléculas más pequeñas, las cuales son indeseables, porque afectan las características finales del producto.

**Figura 2.**

*Diagrama de un sistema de hidrogenación.*

**2.3 Conceptos de HDA (hidrodearomatización).**

El proceso de HDA se basa en la saturación de los dobles enlaces que se encuentran en varios compuestos orgánicos como son los aromáticos y las olefinas.

La hidrogenación de aromáticos consiste en la saturación de los dobles enlaces existentes hasta lograr nafténos, lo cual afecta drásticamente las características de los destilados hidrogenados mejorando principalmente el índice de viscosidad y el color; porque los aromáticos tienden a oxidarse más fácilmente que los compuestos nafténicos y son más inestables.

Básicamente las moléculas lineales largas tienen un alto índice de viscosidad (VI), las n-parafinas tienen un (VI) en un rango (180 a 200), mientras que las moléculas compactas rígidas como anillos múltiples fusionados de naftenos y aromáticos tienen un (VI) muy bajo o negativo.

El índice de viscosidad hace relación a un índice que demuestra cuánto varía la viscosidad del lubricante con respecto a la temperatura, estos cambios dependen de la composición de la base, la cual está determinada por la carga utilizada para su producción, el proceso de manufactura y las condiciones de operación del proceso.

Para interpretar la relación entre la viscosidad y la temperatura de cualquier base lubricante, esta es expresada por un simple número, originalmente de 0 a 100 pero más usado actualmente de 0 a 200, este número fue desarrollado a partir de gráficas de viscosidad de hidrocarburos a (2) temperaturas diferentes, en su momento 100°F y 210°F, en la actualidad 40°C y 100°C.

En el desarrollo del método, se midieron las viscosidades a 100°F y 210°F, para fracciones de crudos de referencia (crudo Pensilvania y crudo costa del golfo), las muestras usadas fueron de muy baja y muy alta dependencia de la temperatura, adicionalmente se asumió que todas las fracciones de cada crudo tenían el mismo índice de viscosidad (VI).

Las fracciones del crudo Pensilvania (aceite parafínico estándar), fueron designadas como la serie H, y se les asignó un índice de viscosidad de (100) debido a que su viscosidad presentaba mínimo cambio con la temperatura; con estas viscosidades se elaboró la curva de VI (100); mientras que las fracciones de crudo costa del golfo (aceite naftalénico estándar), se designaron como la serie L, con un índice de viscosidad (0) ya que su viscosidad cambió significativamente con la temperatura, con estas viscosidades se elaboró la curva de VI (0).

Entonces, tenemos que el índice de viscosidad (VI) se expresa como un porcentaje de la posición de la muestra entre la curva de VI (0) y VI (100).

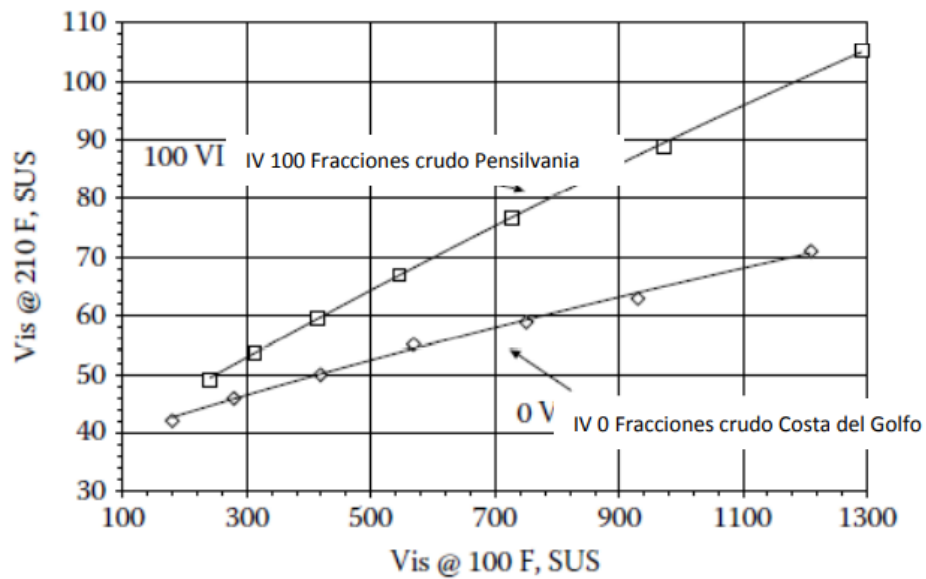
Ecuación de Deanny-Davis:

$$VI = \frac{100 * (L - U)}{(L - H)}$$

Donde U es la viscosidad a 100°F de la muestra, L y H son las viscosidades a 100°F de las series L y H teniendo la misma viscosidad a 210°F de la muestra.

### Figura 3.

*Desarrollo del concepto del índice de viscosidad (Lynch, 2008)*



\* SUS: Unidades universales Saybolt.

En resumen, tenemos que el índice de viscosidad de una base lubricante decrece (número) en el siguiente orden: isoparafinas con pocas ramificaciones > isoparafinas con múltiples ramificaciones > diaromáticos > poliaromáticos.

De esta manera tenemos que las parafinas presentan VI:175, iso-Parafinas VI:155, aromáticos VI:50, y podemos entender que al hidrogenar los compuestos con menor índice de viscosidad (VI) se obtendrá un gran cambio en esta propiedad entre el destilado y la base lubricante, debido a la saturación de los aromáticos.

**Figura 4.**

*Mecanismo de saturación de aromáticos*

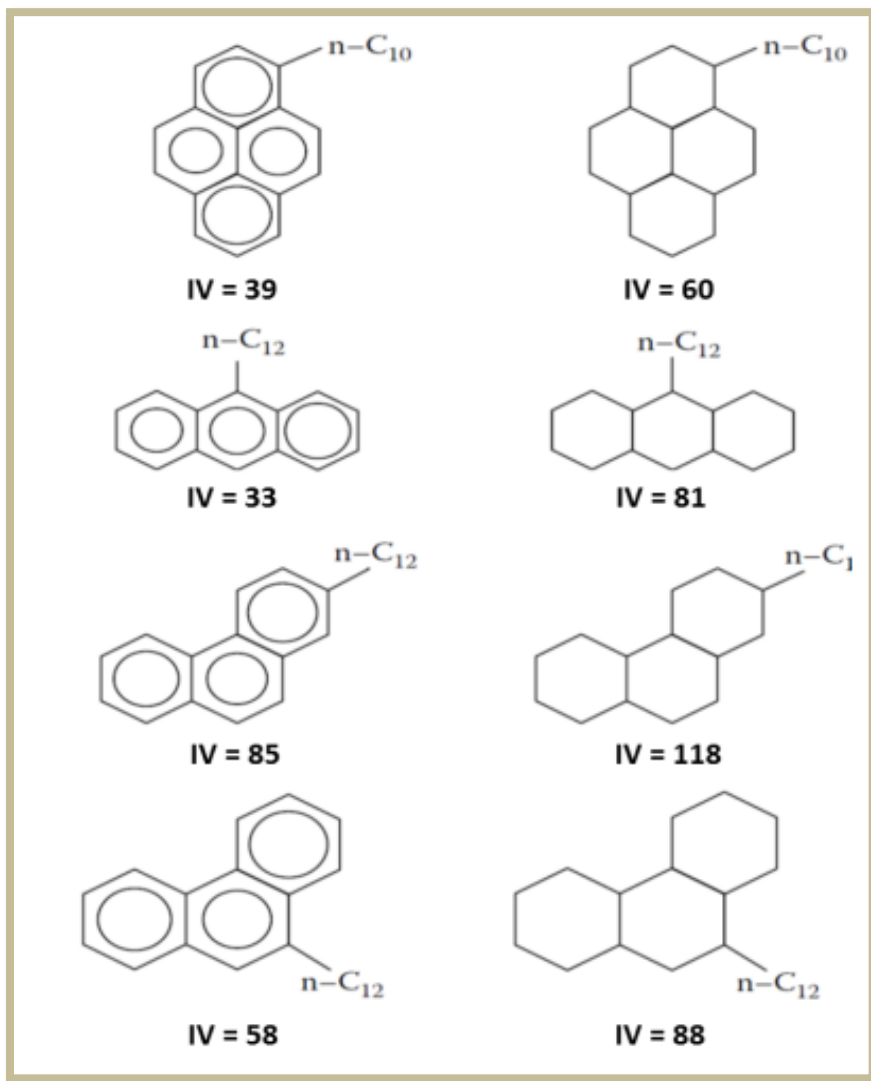


Nota: (Bellusi, 2016)

\*VI: índice de viscosidad.

**Figura 5.**

*Cambios del índice de viscosidad posibles en el proceso.*

**2.4 Estado del arte**

En el proceso de la hidrogenación además de mejorar el índice de corrosión, color, índice de viscosidad y estabilidad de los productos, los compuestos orgánicos de azufre son convertidos a sulfuro de hidrógeno e hidrocarburos libres de azufre, el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se remueve

del líquido mediante el proceso de despojo con vapor, y los compuestos de nitrógeno ( $N_2$ ) se convierten en amoníaco ( $NH_3$ ) e hidrocarburos libres de nitrógeno, además, la reacción produce la conversión de compuestos oxigenados mediante la formación de agua ( $H_2O$ ).

En el departamento de parafinas y fenol en la actualidad, el modelo operacional (HDA), se enfoca en la producción de bases lubricantes de mayor índice de viscosidad (base tipo II) las cuales son de alta calidad en su composición molecular, el contenido de moléculas saturadas es mayor al 90% (máximo 10% de aromáticos) y tiene menos de 300 ppm de azufre; esta composición le otorga características superiores de desempeño y de pureza.

En la producción de bases lubricantes tipo II se involucra el proceso de hidrocraqueo [3], [4], que consiste en la reacción de un producto parafínico con hidrógeno en presencia de un catalizador, que promueve la reorganización molecular y la ruptura de moléculas, en las cuales se presenta la saturación de aromáticos llamada la hidrodearomatización (HDA) [2].

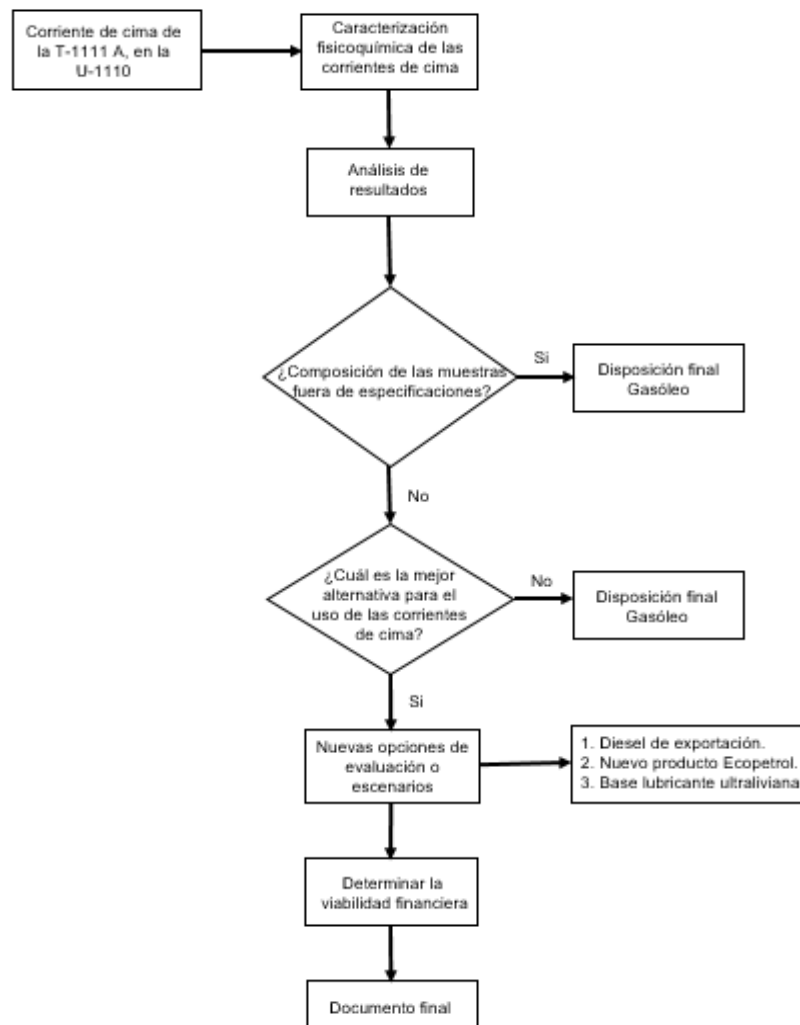
La unidad de procesos de bases lubricantes en su estructura opera con unas torres despojadoras al vacío, en las cuáles el producto terminado sale por la parte inferior hacia los tanques de almacenamiento, y por la parte superior (producto de cima) sale una corriente liviana siendo enviada hacia gasóleo [8].

### 3. Metodología

El esquema metodológico secuencial mostrado en la figura 6, representa el desarrollo experimental del presente trabajo.

#### Figura 6.

*Diagrama de Flujo de la metodología*



Este desarrollo experimental se realiza de la siguiente manera:

La unidad de proceso (U-1110) se compone de la zona de reacción (horno, reactores, separadores de alta presión, separadores de baja presión, separadores de baja temperatura), y la zona de despojo (torres despojadoras al vacío, sistema de eyectores, condensadores de cima, piernas barométricas).

En estas zonas de reacción y despojo operando con las condiciones de temperatura ajustadas para cada una de las cargas (corridas) a evaluar en esta unidad de proceso se genera una corriente de cima por la T-1111 A.

En la unidad de proceso se realizaron, y se evaluaron diferentes corridas con cargas de refinato liviano, refinato medio, base Ecopetrol parafínica media reprocesada, desparafinado liviano, enfocadas en recuperar el producto de cima de la T-1111 A.

Cada una de estas corridas manejan diferentes condiciones de operación (temperaturas en la zona de reacción, zona de despojo) con respecto a la carga a procesar, y en cada una de ellas se toma una muestra en forma manual en la descarga de la SP-1105 para su posterior análisis.

A estas muestras de la corriente de cima, se le realizan pruebas de caracterización y análisis fisicoquímicos: destilación, grados °API, contenido de azufre, punto de inflamación, número de RON, índice de cetano, contenido de aromáticos, que permitan recolectar datos de calidad y composición.

En el análisis de los resultados de estas muestras de la corriente de cima primeramente se revisan parámetros de calidad con el contenido de aromáticos, destilación, ppm de azufre, entre otros, que nos ayuden a buscar alternativas económicas para su utilización que generen valor agregado al proceso de la U-1110.

Para aquellas muestras de cima de las corrientes evaluadas que se encuentren fuera de especificaciones de los parámetros de calidad relacionados no se deben usar en las alternativas económicas identificadas, y se deberán enviar a disposición final de gasóleo.

Revisando la mejor alternativa económica, para las muestras de cima de la T-1111 A, que cumplen los parámetros de calidad, nos permiten evaluar diferentes escenarios para obtener el mejor aprovechamiento económico de este producto.

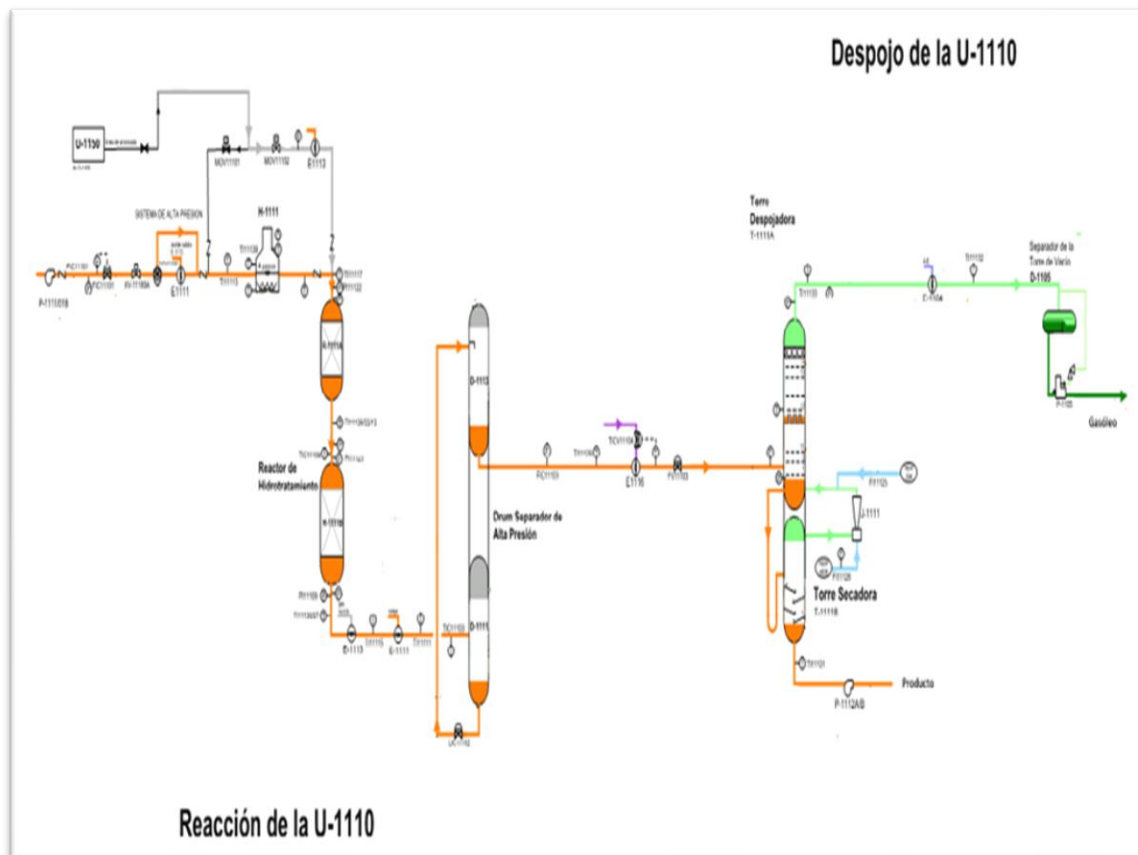
De esta forma podemos tomar decisiones operacionales para dar el mejor manejo del volumen que sale por la parte superior de la torre despojadora al vacío (T-1111 A) de este producto, y por medio del método costo – beneficio se realiza un análisis de factibilidad económica del proyecto basada en (4) criterios como son: VPN (valor presente neto), VAN (valor actual neto), VFN (valor futuro neto) y la TIR (tasa interna de retorno), y de esta manera determinar su viabilidad financiera.

## 4. Resultados

Las condiciones de operación en el proceso de la U-1110 como son la temperatura de salida en el horno (severidad en el proceso), temperatura de entrada en el separador de alta presión, temperatura de salida en el separador de baja presión, temperatura de entrada a la T-1111 A, y la temperatura de salida en la cima de la T-1111 A, nos ayudan a entender el comportamiento de los resultados en las muestras tomadas de cada uno de los productos de la torre despojadora, y estas se observan en las tablas de los anexos A, B, C, D.

### Figura 7.

*Diagrama de Flujo de la Unidad de Proceso.*



En la Tabla 1 se encuentran las características fisicoquímicas de las muestras tomadas de la cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato medio después de ser analizadas en el laboratorio.

Cada una de estas características nos indican propiedades, composiciones de la sustancia, las cuales tomamos en cuenta para la búsqueda de las alternativas económicas con respecto a parámetros de calidad relacionados con el contenido de aromáticos, destilación, ppm de azufre.

Estos parámetros en la sustancia (ppm de azufre, contenido de aromáticos) los tenemos presentes en los temas relacionados con la contaminación ambiental, en las emisiones de SOx gases de combustión en los motores diesel, y los efectos en la salud de los seres humanos.

**Tabla 1.**

*Características fisicoquímicas de las muestras de cima de la T-1111 A (corrida refinato medio).*

Caracterización	Cima de la T-1111 A ( corrida refinato medio )					
Contenido de aromáticos	26.59	g/100g	29.61	g/100g	12.54	g/100g
Contenido de Mono-aromáticos	23.01	g/100g	27.50	g/100g	12.36	g/100g
Contenido de Poli-aromáticos	3.58	g/100g	2.11	g/100g	0.18	g/100g
Contenido de aromáticos	25.61	%vol	28.52	%vol	12.11	%vol
Destilación	°F	°C	°F	°C	°F	°C
P.I.E	412.8	211.6	378.1	192.3	242.1	116.7
5% vol.	468.0	242.2	432.3	222.4	310.6	154.8
10% vol.	491.3	255.2	461.3	238.5	353.5	178.6
50% vol.	574.5	301.4	557.6	292.0	499.8	259.9
90% vol.	638.4	336.9	621.5	327.5	596.3	313.5
95% vol.	655.7	346.5	642.4	339.1	627.4	330.8
P.F.E	674.3	356.8	656.4	346.9	645.6	340.9
Gravedad °API	29.9	°API	31.2	°API	38	°API

Caracterización	Cima de la T-1111 A ( corrida refinato medio )					
Densidad relativa	876.5	kg/m3	869.3	kg/m3	834.6	kg/m3
Azufre	3	ppm	11	ppm	56	ppm
Color	L0.5		L0.5		L0.5	
Índice de cetano calculado	45		44		49	
Número de cetano	41					
Punto de inflamación	176 °F		186°F		171°F	
Visc.40°C	5.2	cst	4.157	cst	2.537	cst

De los datos en la Tabla 1 se puede observar que el contenido de ppm de azufre es bajo, favorable para tener en cuenta como producto terminado; con respecto a la destilación se nota variación en los puntos iniciales de ebullición (P.I.E) pero cabe resaltar que los puntos finales de ebullición son muy cercanos, además de todo esto el % vol. del contenido de aromáticos es menor al 30%.

En el anexo E, se observa la fotografía de la muestra de cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato medio, presentando una apariencia transparente, libre de humedad (agua), o algún tipo de contaminante visible.

En la Tabla 2 se encuentran las características fisicoquímicas de las muestras tomadas de la cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato liviano después de ser analizadas en el laboratorio.

Como en el caso anterior cada una de estas características nos indican propiedades, composiciones de la sustancia, las cuales tomamos en cuenta para la búsqueda de las alternativas económicas con respecto a parámetros de calidad relacionados con el contenido de aromáticos, destilación, ppm de azufre.

### **Tabla 2.**

*Características fisicoquímicas de las muestras de cima T-1111 A (corrida refinato liviano).*

Caracterización	Cima T-1111 A ( corrida refinato Liviano )			
Contenido de aromáticos	74.94	g/100g	24.41	g/100g
Contenido de Mono-aromáticos	67.34	g/100g	23.11	g/100g
Contenido de Poli-aromáticos	7.6	g/100g	1.30	g/100g
Contenido de aromáticos	71.67	%vol	23.6	%vol
Destilación	°F		°F	
P.I.E	354.3		232.3	
5% vol.	414.3		273.2	
10% vol.	441.7		300.9	
50% vol.	504.7		494.8	
90% vol.	601.9		590.1	
95% vol.	636.8		627.3	
P.F.E	654.4		645.1	
Gravedad °API	24.4	°API	35	°API
Densidad relativa	906.9	kg/m <sup>3</sup>	849.3	kg/m <sup>3</sup>
Azufre	369	ppm	329	ppm
Color	L0.5		L0.5	
Índice de cetano calculado	30		41	
Punto de inflamación	149	°F	80	°F
Visc.40°C	2.814	cst	2.158	cst

Se puede observar que en la destilación presenta variación en los puntos iniciales de ebullición (P.I.E), pero son muy cercanos los valores en los puntos finales de ebullición, el %vol. del contenido de aromáticos es variable al igual que el contenido de ppm de azufre son altos, con respecto a la corrida de refinato medio.

En el anexo F, se observa la fotografía de la muestra de cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato liviano, su apariencia no es clara parece amarillenta, es libre de humedad (agua), o algún tipo de contaminante visible.

La flexibilidad operacional de la U-1110 nos permite trabajar con otras cargas que busca obtener diferentes objetivos, como son el despojo de solventes, el retiro de humedad para la recuperación de una base que presente opacidad (presencia de agua), etc.

En los anexos G, H se relacionan las fotografías de las muestras de cima de la T-1111 A, con la corrida de base Ecopetrol parafínica media reprocesada, y la corrida de desparafinado liviano respectivamente.

Estas muestras contienen ceras blandas (fotografía del anexo G) y presencia de sulfuro de hidrógeno (fotografía del anexo H), información basada en pruebas que se realizan con acetato de plomo y papel revelador, caso contrario en las muestras de las corridas de refinato liviano (fotografía del anexo F) y corridas de refinato medio (fotografía del anexo E) están libre de estos compuestos.

Estos compuestos no son recomendables en productos terminados, en el caso de estas corridas (base Ecopetrol parafínica media reprocesada, desparafinado liviano), estos cambios están asociados a la composición de la carga, y las condiciones de operación de la unidad de proceso, las cuales se ajustan para buscar el objetivo final en cada una de ellas.

Partiendo con los resultados de las muestras (corrida de refinato medio, corrida de refinato liviano) de la cima de la T-1111 A, se pueden tener en cuenta en la búsqueda de diferentes alternativas a nivel de refinería para su uso, y de esta forma obtener el mayor aprovechamiento económico, generando un valor agregado al proceso de la U-1110.

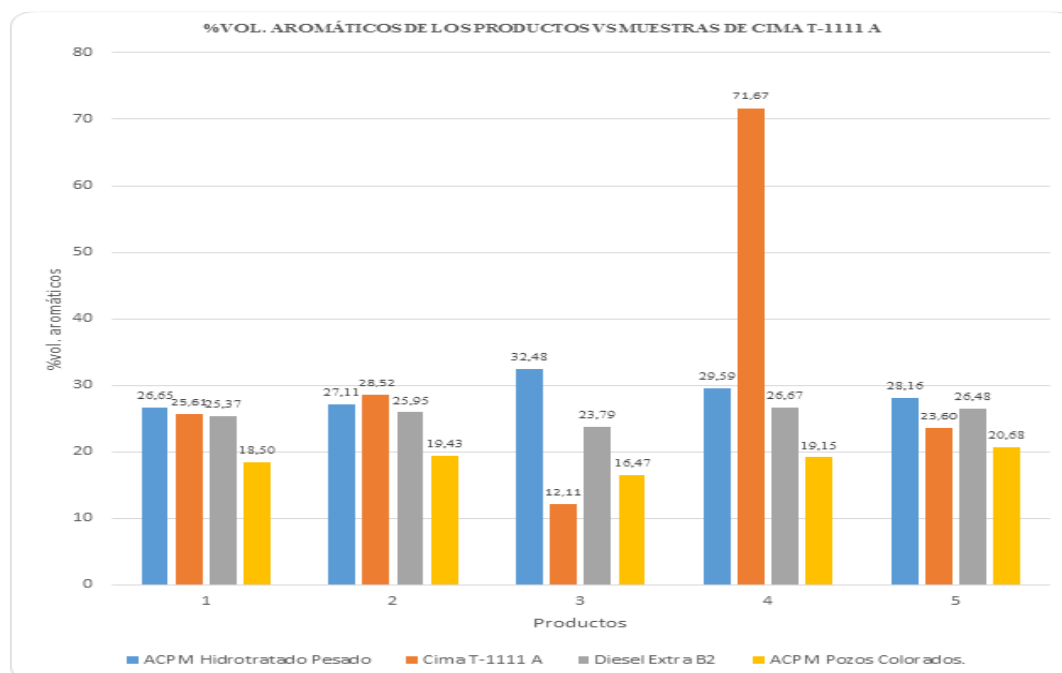
Podemos partir de tres opciones de productos almacenados en la casa bombas N°2, casa bombas N°5, como son el ACPM hidrotratado pesado (producto de la U-4750), ACPM pozos colorados (producto importado), diesel extra B2 (producto de venta terminado), respectivamente.

En nuestro caso revisamos las características de los productos de referencia con respecto a la composición de las muestras de la T-1111 A (contenido %vol. de aromáticos, destilación, ppm de azufre), para saber cuál de estas corrientes de cima (corrida de refinato medio, corrida de refinato liviano) se asemejan en los datos de calidad, y nos permitan evaluar diferentes escenarios para obtener un aprovechamiento económico de este producto.

Entonces, relacionamos los datos de la Tabla 1, Tabla 2, con los datos del anexo I, anexo J, anexo K para comparar %vol. del contenido de aromáticos entre ellos.

### Figura 8.

*Gráfica %vol. aromáticos de los productos y las muestras de cima T-1111 A.*

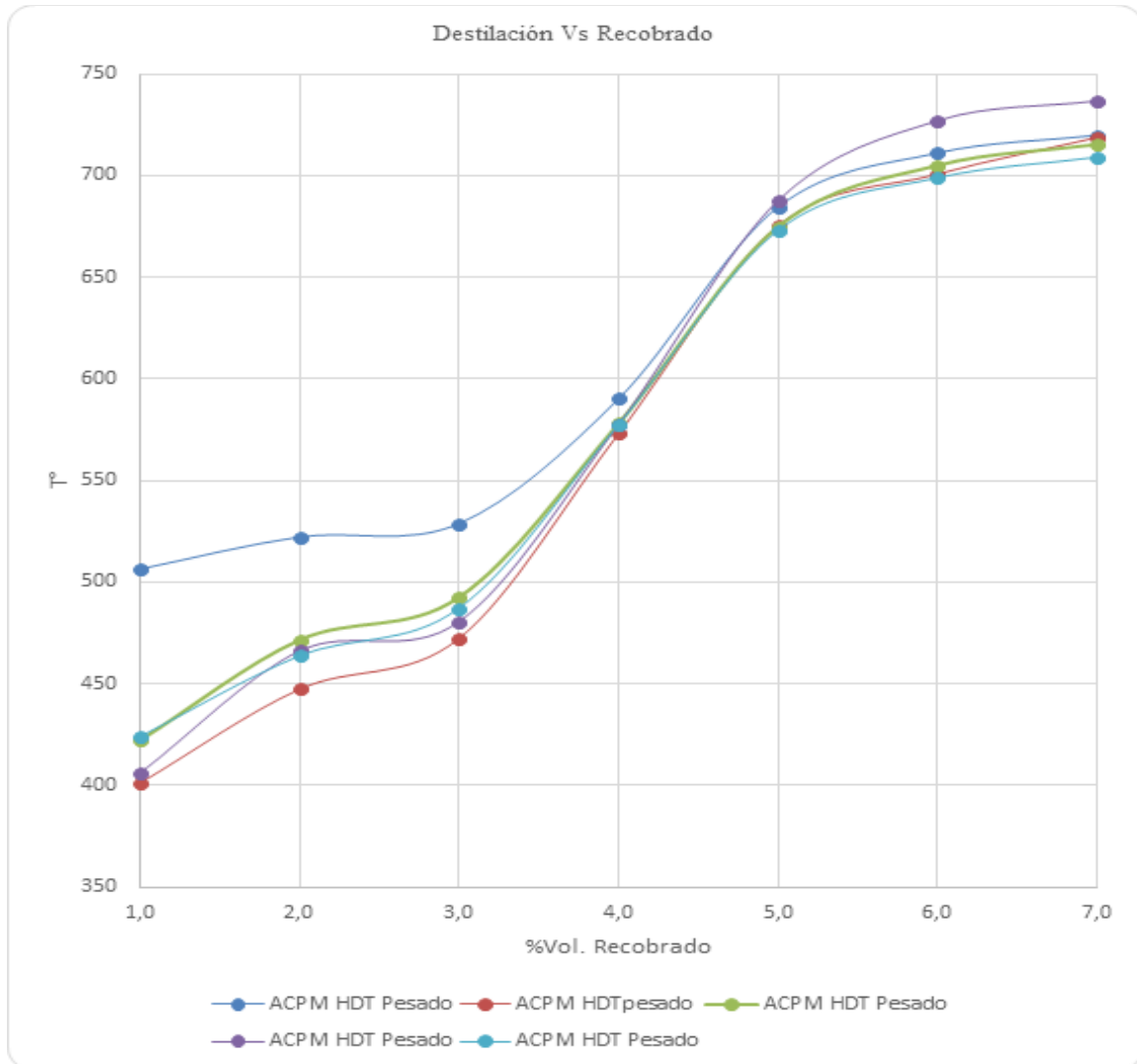


Nota: (Bellusi 2016)

Continuamos con la Tabla 1, Tabla 2, anexo I, anexo J, anexo K para comparar los datos de la destilación entre ellos.

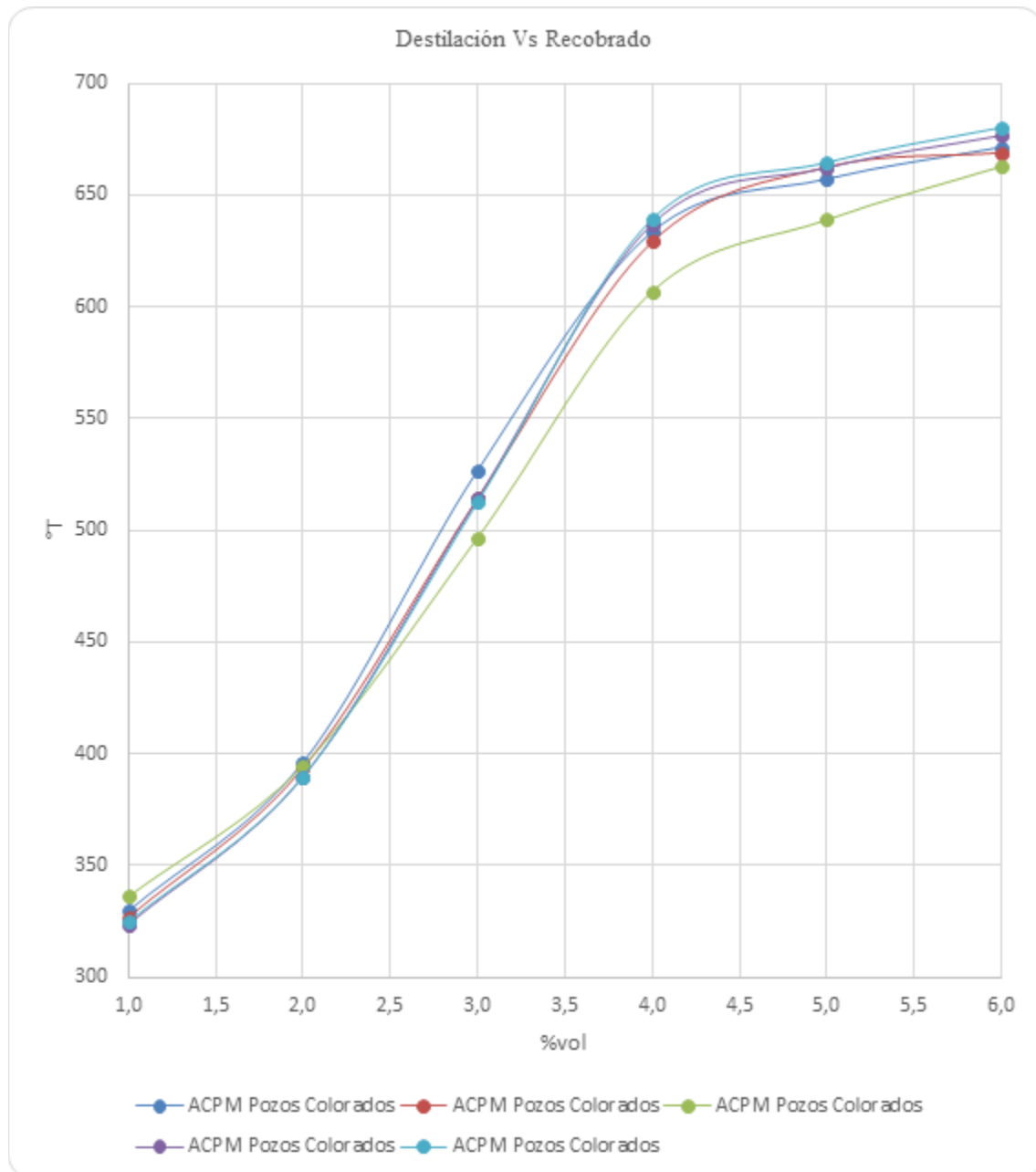
### Figura 9.

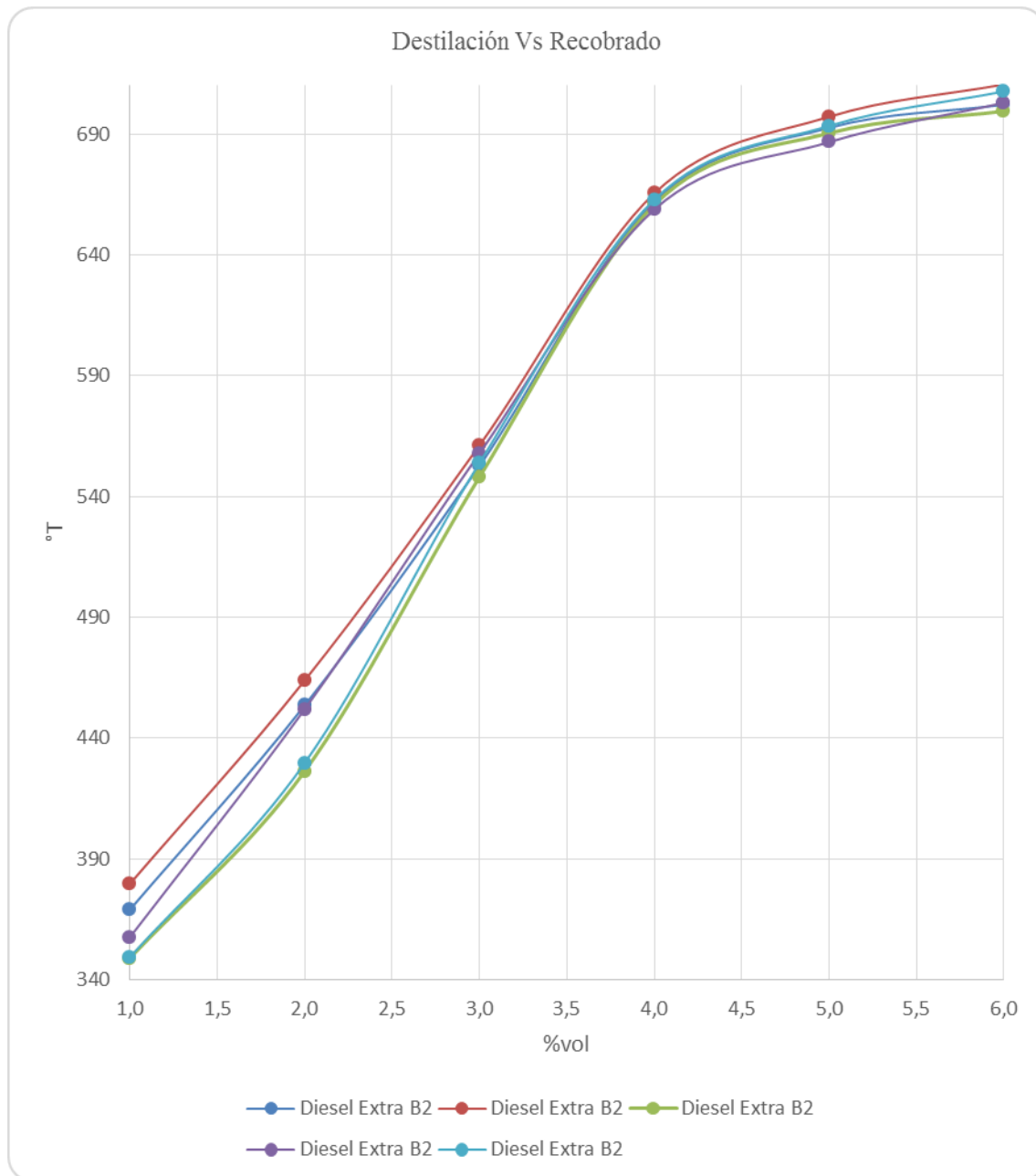
*Gráfica destilación ACPM hidrotratado pesado.*



**Figura 10.**

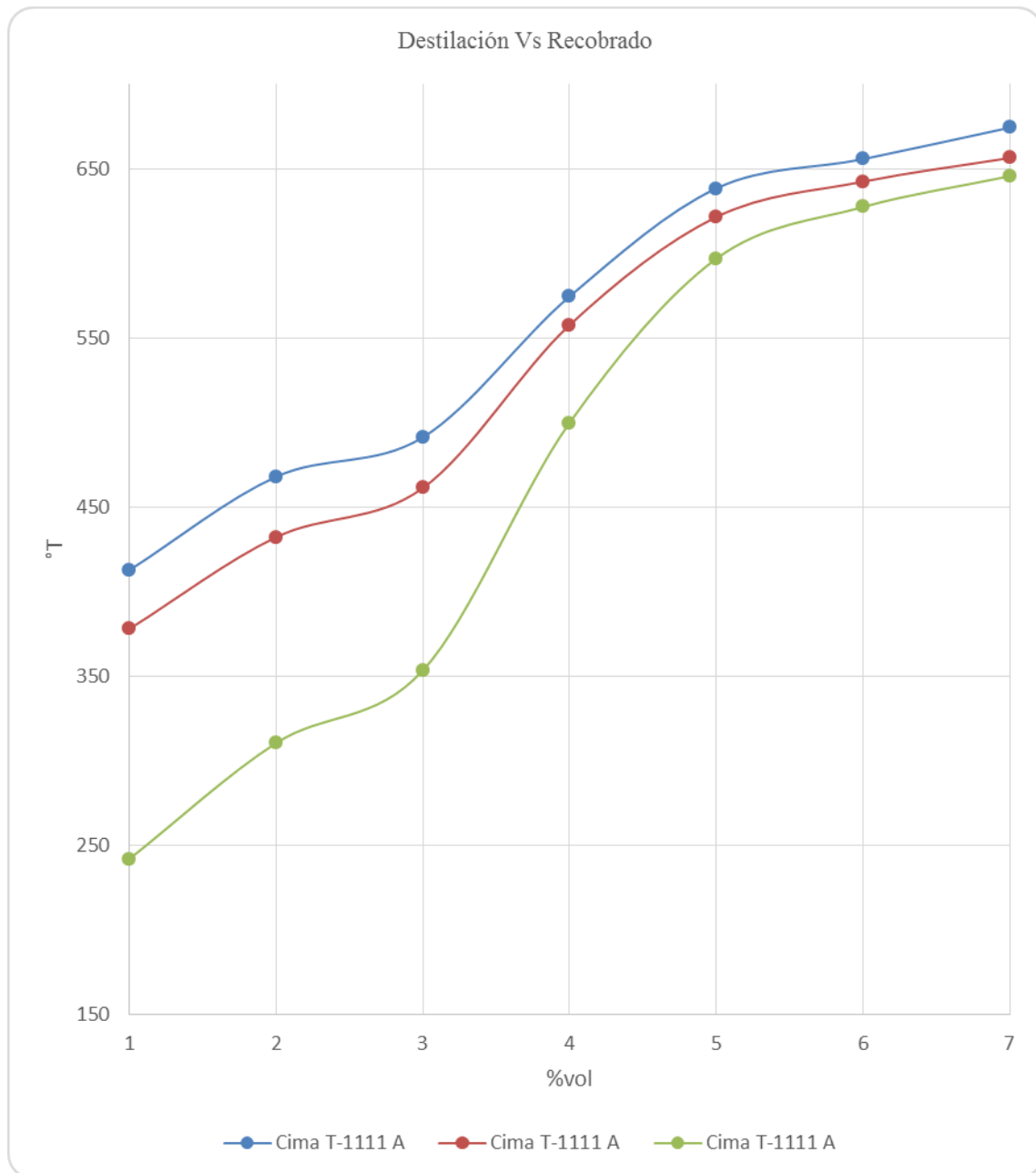
*Gráfica destilación ACPM pozos colorados.*



**Figura 11.***Gráfica destilación diesel extra B2.*

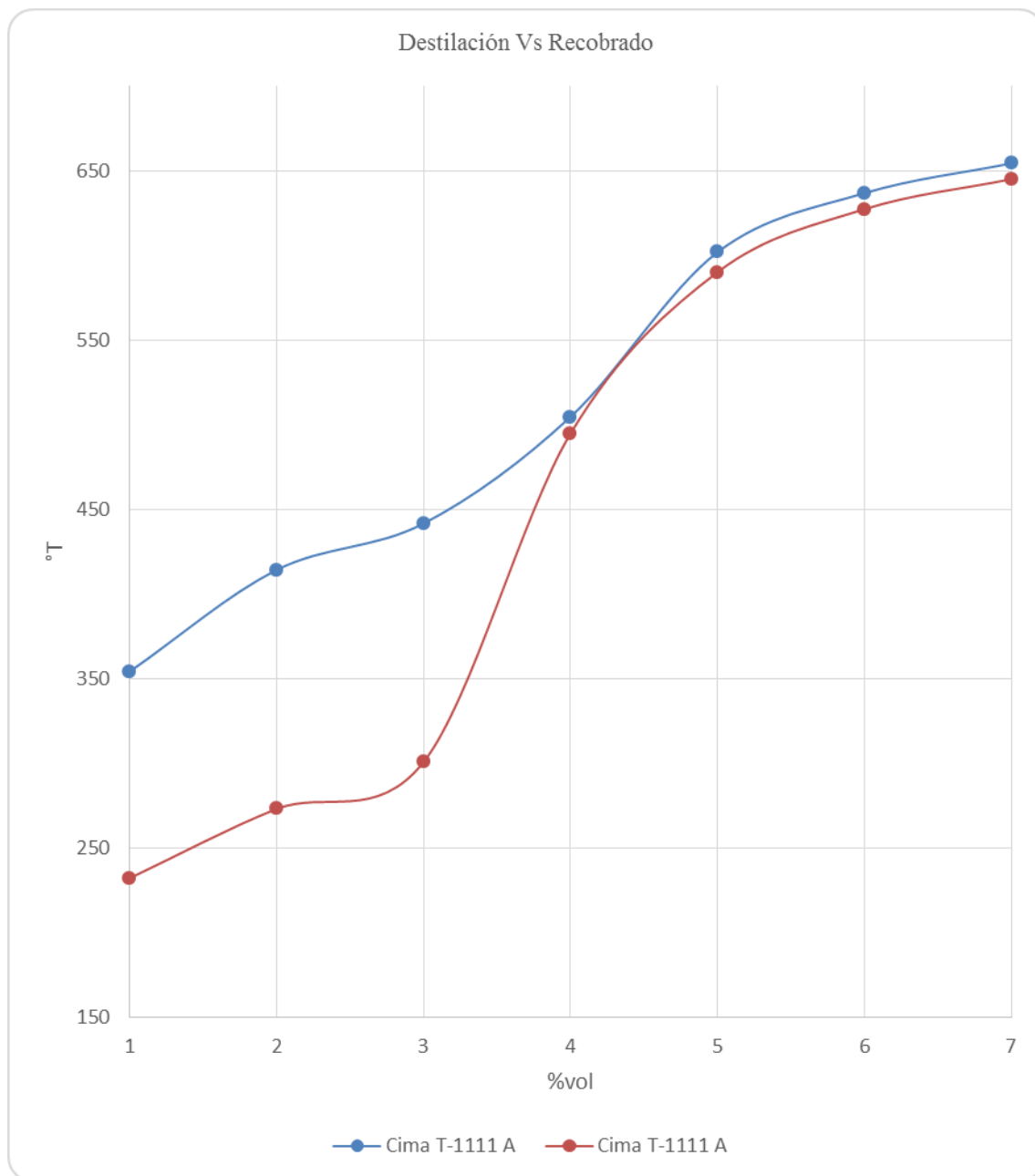
**Figura 12.**

*Gráfica destilación corrida refinato medio.*



**Figura 13.**

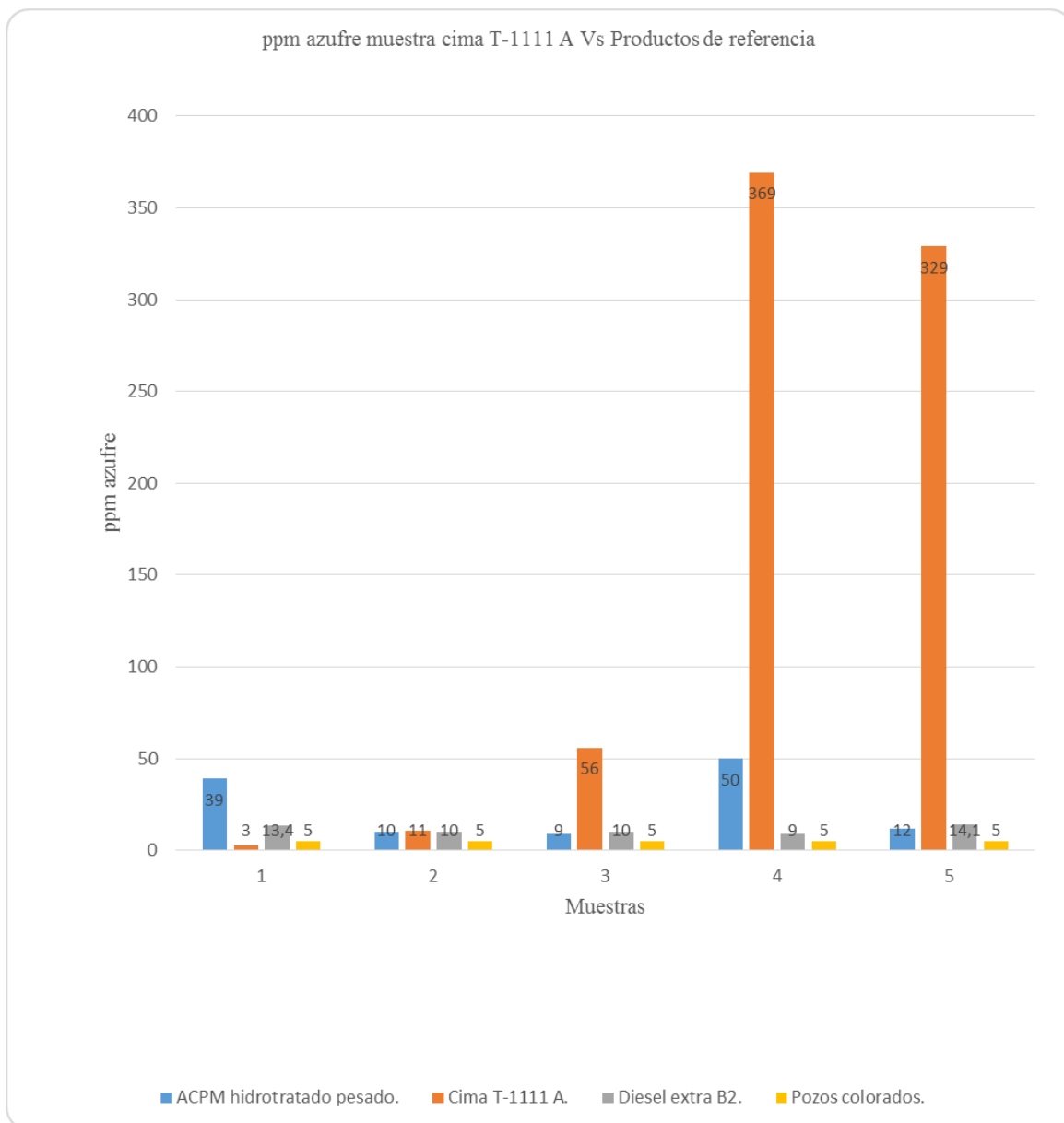
*Gráfica destilación corrida refinato liviano.*



Por último, relacionamos los datos de la Tabla 1, Tabla 2, y los datos del anexo I, anexo J, anexo K para comparar contenido (ppm) de azufre entre ellos.

**Figura 14.**

*Gráfica ppm de azufre de los productos y las muestras de cima T-1111 A.*



De esta forma podemos decir que la corriente de cima de la T-1111 A, en corrida de refinato medio es la que más se asemeja a los datos de calidad de los productos de referencia, y podemos evaluar los mejores escenarios para aprovechar este producto, teniendo en cuenta los parámetros

de calidad a nivel de refinería en el producto de venta , diesel extra B2 estos están definidos por el contenido de azufre ( $\leq 20$  ppm), color (2.0 máx), índice de cetano ( $\geq 45$ ), número de cetano ( $\geq 42$ ), visc.40°C ( $\geq 1.9 \leq 4.5$  cst), contenido de agua ( $\leq 500$  mg/L), cenizas ( $\leq 0.01$  g/100g), corrosión de lámina Cu (2 máx), microcarbón residual ( $\leq 0.2$  g/100g), punto de fluidez ( $\leq 3$  °C).

En la Tabla 3 determinamos la viabilidad financiera del proyecto basados en el volumen producido de la unidad de proceso, datos que se registran en las hojas de producción que se realizan diariamente en el departamento de Parafinas y Fenol.

Partimos con una inversión de \$40.000.000= para realizar un mantenimiento preventivo, al sistema de almacenamiento, transporte, bombeo etc, y por medio del método costo – beneficio interpretamos los criterios de VPN (valor presente neto), VAN (valor actual neto), VFN (valor futuro neto) y la TIR (tasa interna de retorno), para determinar su viabilidad económica.

Al revisar los datos en la Tabla 3, se observa que el proyecto es viable financieramente dando una tasa interna de retorno del 11,20% por encima del 6,60% de la tasa anual establecida.

### Tabla 3.

*Determinación de la viabilidad financiera para la recuperación de la corriente de cima T-1111*

A.

Años	1	2	3	4	5
Barriles producto	2122 bls	1167 bls	3005 bls	1979 bls	2333 bls
Valor en pesos	1.10E+07	6.07E+06	1.56E+07	1.03E+07	1.21E+07

<b>Periodos años</b>	0	<b>Periodos años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Egresos pesos</b>		<b>Ingresos Pesos</b>		1.10E+07	6.07E+06	1.56E+07	1.03E+07	1.21E+07
<b>Inversión inicial pesos</b>	4.00E+07	Total Ingresos pesos		1.10E+07	6.07E+06	1.56E+07	1.03E+07	1.21E+07
<b>Mantenimiento pesos</b>	4.00E+07	Ingresos en Presente pesos		1.03E+07	5.34E+06	1.29E+07	7.98E+06	8.79E+06
<b>Total de egresos pesos</b>	4.00E+07	<b>VPI pesos</b>	<b>4.53E+07</b>					
<b>Egresos en presente pesos</b>	4.00E+07							
<b>VPE pesos</b>	4.00E+07							

<b>Valor final</b>	5.51E+07
<b>Valor inicial</b>	4.00E+07

<b>VPN</b>	5.30E+06
<b>VFN</b>	7.30E+06
<b>VAN</b>	1.42E+05
<b>B/C</b>	1.133

<b>Rentabilidad anual</b>	6.60%
---------------------------	-------

<b>B/C &gt; 1</b>	<b>Generando Ganancias</b>
-------------------	----------------------------

<b>ipc</b>	0.534%
------------	--------

<b>Inversión pesos</b>	- 4.00E+07
<b>1 año</b>	1.10E+07
<b>2 años</b>	6.07E+06
<b>3 años</b>	1.56E+07
<b>4 años</b>	1.03E+07
<b>5 años</b>	1.21E+07
<b>TIR</b>	<b>11.20%</b>

**TIR > Rentabilidad Anual**

## 5. Conclusiones

Al revisar y analizar las características, composiciones del producto de cima de la T-1111 A, en las corridas evaluadas de refinato medio, refinato liviano, base Ecopetrol parafínica reprocesada, desparafinado liviano, encontramos una sustancia que nos permite tener opciones a nivel de refinería para su uso, como un diesel (a.c.p.m).

Esta sustancia producto de la corrida de refinato medio, se asemeja a los datos de calidad del ACPM hidrotratado pesado que se almacena en la casa bombas N°2, producto de la operación de la unidad de diésel (U-4750) de la Refinería de Barrancabermeja.

Estas características como son el contenido %vol. de aromáticos, ppm de azufre, en los datos de calidad de la sustancia, nos permiten usarla en varias funciones en relación al ACPM hidrotratado pesado:

1. Se puede aprovechar el volumen de producción (menor al volumen que produce la U-4750), para ayudar a aumentar los barriles que se almacena en la casa bombas N°2, y a su vez la producción de medios (Diesel) en la refinería de Barrancabermeja.

2. Teniendo en cuenta los datos de calidad relacionados con el %vol. de los poliaromáticos de la corriente de cima, nos permite mejorar la calidad en el diesel extra B2 (Producto terminado de la refinería), dando un mejor cumplimiento a la norma ambiental.

3. Los datos de calidad relacionados con el contenido de la ppm de azufre, %vol. de aromáticos, y una destilación cercana al ACPM hidrotratado pesado, podemos mejorar, maximizar, aprovechando un poco más el blending realizado con el ACPM de pozos colorados, y aumentar el volumen del diésel extra B2 de venta disponible en la refinería de Barrancabermeja.

4. También tenemos que el  $TIR >$  Tasa efectiva anual, al igual una relación costo – beneficio de manera positiva  $B/C > 1$ , esto nos indica un proyecto viable financieramente que permita generar mayor valor agregado al proceso de refinación que lidera el departamento de Parafinas y Fenol.

## Bibliografía

- [1] EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS – ECOPETROL. Manual de descripción de procesos de las unidades de tratamientos con hidrógeno. Barrancabermeja: ECOPETROL,1983.
- [2] Palomino Caballero, Eduard Augusto “Evaluación técnica para la producción de bases lubricantes mediante hidrotreatmento de gasóleos de vacío en la U-1110 de la gerencia refinería Barrancabermeja” Recurso electrónico, trabajo de grado.
- [3] Tapias, Néstor; Santos, Liliana; Vargas, Clemencia; Gómez, María Elizabeth; Lizcano, Javier “Reducción de PCA en bases lubricantes nafténicas mediante la optimización de las condiciones en HDT” Artículo C T & F: Ciencia, Tecnología y futuro, 2010, Vol.4 (1).
- [4] Duarte León, Diana Marcela “Evaluación técnico económica de alternativas para producir bases lubricantes tipo II en la refinería Barrancabermeja” Recurso electrónico, trabajo de grado,2017, Bucaramanga.
- [5] M. A. Rodríguez and J. Ancheyta “Modeling of Hydrodesulfurization (HDS), Hydrodenitrogenation (HDN), and the Hydrogenation of Aromatics (HDA) in a Vacuum Gas Oil Hydrotreater” Artículo,2003, Mexico.
- [6] Jiménez Inocencio, Favio Yovany “Estudio, modelamiento y simulación de los procesos simultáneos de hidrosulfurización (HDS), hidrosnitrogenación (HDN) e hidrosaromatización (HDA) en gasóleos de vacío” Recurso electrónico, trabajo de grado,2007, Bucaramanga.
- [7] Pinzón Cárdenas, María Helena, “Contribución a la interpretación del efecto de sinergia de catalizadores para reacciones de hidrosulfurización” Recurso electrónico, trabajo de grado,2006, Bucaramanga.

[8] Carvajal Cipamocha, Gustavo Adolfo “Proceso de hidrotatamiento: Predicción mediante regresión lineal multivariada y regresión PLS utilizando datos históricos de operación de una unidad HDT” Recurso electrónico, trabajo de grado,2017, Bucaramanga.

## **Apendice**

**Apéndice A. Tablas de las condiciones de operación de las corridas de refinato liviano.**


---

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( cima de la T-1111 A )

---

Condiciones de operación en la U-1110		
H-1111	598.0°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	394.9°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	69.21 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	377.4°F	Temperatura salida del D-1113
TV-11104	462°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	261.4°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

---



---

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( cima de la T-1111 A )

---

Condiciones de operación en la U-1110		
H-1111	687.6°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	454.5°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	64.38 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	450.9°F	Temperatura salida del D-1113
TV-11104	449.7°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	285.5°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

---

Las tablas anteriores relacionan las condiciones de operación de la U-1110 con las corridas de refinato liviano evaluadas, en donde se observan diferencias de temperatura en la zona de reacción y zona de despojo.

**Apéndice B. Tablas de las condiciones de operación de las corridas de refinato medio.**

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( Cima T-1111 A )		
Condiciones de Operación en la U-1110		
H-1111	710.2°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	464.6°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	71.84 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	461.6°F	Temperatura salida del D-1113
TV-11104	461.5°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	291.8°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( Cima T-1111 A )		
Condiciones de Operación en la U-1110		
H-1111	711.4°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	448.5°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	73.78 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	446.2°F	Temperatura salida del D-1113
TV-11104	444.8°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	293.2°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( Cima T-1111 A )		
Condiciones de Operación en la U-1110		
H-1111	631.1°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	449.7°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	76.50 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	447.8°F	Temperatura salida del D-1113

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( Cima T-1111 A )		
TV-11104	505.1°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	274.1°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

Al igual que en la corrida de refinato liviano, en estas Tablas se relacionan las condiciones de operación de la U-1110 con las corridas de refinato medio evaluadas, en donde se observan diferencias de temperatura en la zona de reacción y zona de despojo.

**Apéndice C. Tabla de las condiciones de operación de la corrida de desparafinado liviano.**

Muestra tomada de la descarga SP-1105 ( Cima T-1111 A )		
Condiciones de Operación en la U-1110		
H-1111	576.1°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	385.4°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	65.70 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	380.1°F	Temperatura salida del D-1113
TV-11104	380.5°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	298.1°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

En la Tabla anterior se relaciona las condiciones de operación de la U-1110, con la corrida de desparafinado liviano evaluada, en esta se observa las diferencias de temperatura en la zona de reacción y zona de despojo.

**Apéndice D. Tabla de las condiciones de operación de la corrida de base Ecopetrol  
parafínica media reprocesada.**

Muestras tomadas de la descarga SP-1105 ( Cima T-1111 A )		
Condiciones de Operación en la U-1110		
H-1111	651.2°F	Temperatura salida del horno
TV-11103	450.1°F	Temperatura entrada del D-1111
FV-11103	69.65 bph	Carga a la T-1111 A
TI-11128	445.3°F	Temperatura salida del D-1113
TV-11104	443.6°F	Temperatura entrada a la T-1111 A
TI-11133	287.2°F	Temperatura de cima en la T-1111 A

Al igual que en la corrida de desparafinado liviano, en esta Tabla se relacionan las condiciones de operación de la U-1110, con la corrida de base Ecopetrol parafínica media reprocesada evaluada, en donde se observan las diferencias de temperatura en la zona de reacción y zona de despojo.

**Apéndice E. Fotografías de las muestras de cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato medio.**



**Apéndice F. Fotografías de las muestras de cima de la T-1111 A, con la corrida de refinato liviano.**



**Apéndice G. Fotografía de la muestra de cima de la T-1111 A, con la corrida de base  
Ecopetrol parafínica media reprocesada.**



**Apéndice H. Fotografía de la muestra de cima de la T-1111 A, con la corrida de desparafinado liviano.**



**Apéndice I. Tabla de las características fisicoquímicas de las muestras del ACPM  
hidrotratado pesado (refinería).**

Datos de las casas bombas producto Diesel	Casa bombas N°2				
	ACPM Hidrotratado Pesado				
Contenido de aromáticos g/100g	27.73	28.24	34.12	30.95	29.39
Contenido de Mono-aromáticos g/100g	24.2	23.08	27.25	25.69	23.34
Contenido de Poli- aromáticos g/100g	3.53	5.15	6.87	5.27	6.05
Contenido de aromáticos %vol	26.65	27.11	32.48	29.59	28.16
Destilación	°F	°F	°F	°F	°F
P.I.E	506.5	401.2	422.2	406.6	424
5% vol.	522.3	447.4	471.6	466.2	463.8
10% vol.	528.8	472.3	492.6	480.6	487.2
50% vol.	590.2	573.1	578.1	577.6	577.6
90% vol.	684.5	675.3	674.8	687.6	673
95% vol.	711.1	700.7	705	727	698.9
P.F.E	719.8	718.7	715.3	736.7	709
Gravedad ( °API )	30.5	31.3	30.6	30.8	30.3
Densidad relativa ( kg/m3 )	872.7	873	871.8	870.8	873.9
Azufre ( ppm )	39	10	9	50	12
Color	L0.5	0.5	0.5	L1.0	L1.0
Índice de cetano	51	47	48	47	46

En la tabla se muestran las características fisicoquímicas del producto terminado de la U-4750, un proceso de hidrogenación (HDT) la cual carga ACPM, y tiene como objetivo retirar, disminuir la mayor cantidad de azufre de la misma.

## Apéndice J. Tabla de las características fisicoquímicas de las muestras de ACPM Pozos

### Colorados.

Datos de las casas bombas producto	Casa bombas N°5				
Diesel	ACPM pozos colorados				
Contenido de aromáticos g/100g	18.81	19.83	16.59	19.52	21.19
Contenido de Mono- aromáticos g/100g	17.66	18.36	13.68	17.86	17.78
Contenido de Poli-aromáticos g/100g	1.15	1.47	2.91	1.66	3.41
Contenido de aromáticos %vol	18.50	19.43	16.47	19.15	20.68
Destilación °F	°F	°F	°F	°F	°F
P.I.E	329.8	326.9	336.2	323.8	324.8
10% vol.	396.3	393.8	394.7	389.9	389.9
50% vol.	526.9	514.3	496.8	514.3	512.8
90% vol.	633.6	629.1	606.9	637.1	639.3
95% vol.	657.2	662.5	638.9	662.2	664.6
P.F.E °F	671.4°F	668.9°F	662.8°F	676.6°F	680.2
Gravedad °API	35.6	35.8	40.8	35.2	35.1
Densidad relativa kg/m <sup>3</sup>	846.1	844.9	820.6	848.1	848.7
Azufre ppm	5	5	5	5	5
Índice de cetano	49	48	56	47	46
Número de cetano	51.1	49.9	54.2	48.79	47.4
Punto de Inflamación (°F)	143	141	149	146	141
Visc.40°C	2.893	2.911	2.433	2.89	2.901

En esta Tabla se observan las características fisicoquímicas de un producto importado (ACPM Pozos Colorados) los cuales en su contenido de aromáticos (%vol.), ppm de azufre son menores con respecto al ACPM hidrotratado pesado de la U-4750, lo cual permite ser usado para ayudar a mejorar la condición de calidad en un blending.

**Apéndice K. Tabla de las características fisicoquímicas de las muestras del ACPM extra B2 (refinería).**

Datos de las casas bombas producto Diesel	Casa bombas N°5				
	Diesel Extra B2				
Contenido de aromáticos g/100g	26.34	26.97	24.6	27.75	27.55
Contenido de Mono- aromáticos g/100g	22.66	22.75	20.62	21.12	21.75
Contenido de Poli- aromáticos g/100g	3.67	4.22	4.12	6.63	5.81
Contenido de aromáticos %vol	25.37	25.95	23.79	26.67	26.48
Destilación	°F	°F	°F	°F	°F
P.I.E	369.0	379.7	349.0	357.6	349.4
10% vol.	453.6	463.9	426.3	452.0	429.7
50% vol.	552.7	561.2	548.1	557.9	553.9
90% vol.	662.0	665.5	660.8	658.8	662.9
95% vol.	692.6	697.2	690.4	686.7	693.4
P.F.E	702.2	710.6	699.5	703.0	707.7
Gravedad °API	32.0	32.3	33.1	31.8	32.6
Densidad relativa kg/m3	864.5	863.0	858.7	865.6	861.4
Azufre ppm	13.43	10	10	9	14.1
Color	1.0	L1.5	L1.0	1.0	L1.0
Índice de cetano	46	48	47	46	46
Número de cetano	46.7	48.3	45	47.8	46.2
Punto de Inflamación ( °F )	178	182	164	175	163
Visc.40°C	4.095	4.211	3.668	4.205	3.761
Agua	96	115	136	77	95
Cenizas	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Corrosión lámina Cu	1A	1A	1A	1A	1A

Datos de las casas bombas producto Diesel	Casa bombas N°5				
	<b>Diesel Extra B2</b>				
Micro carbon residual	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Presión barométrica (mm Hg )	749.0	750	752.3	751.1	751.0
Punto de fluidez ( °C )	-12	-9	-12	-12	-12

Las características fisicoquímicas mostradas en la Tabla superior, hacen relación a cada uno de los valores del producto de venta, diesel extra B2 de la refinería de Barrancabermeja.