UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

# ‘‘CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL HIDROCARBURO CONDENSADO QUE SE OBTIENE EN LA EXTRACCIÓN DEL GAS NATURAL EN EL CAMPO AMISTAD BLOQUE 6 OPERADO POR PETROAMAZONAS EP, CON FINES PARA SER USADO COMO COMBUSTIBLE’’


AUTORA:

KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO

TUTORA:

ING. QCA. SANDRA PEÑA MURILLO, MSc.


GUAYAQUIL, DICIEMBRE 2016

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO**

# ‘‘CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL HIDROCARBURO CONDENSADO QUE SE OBTIENE EN LA EXTRACCIÓN DEL GAS NATURAL EN EL CAMPO AMISTAD BLOQUE 6 OPERADO POR PETROAMAZONAS EP, CON FINES PARA SER USADO COMO COMBUSTIBLE’’

**AUTORA:**

**KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**

**TUTORA:**

**ING. QCA. SANDRA PEÑA MURILLO, MSc.**

**GUAYAQUIL, DICIEMBRE 2016**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

# RENUNCIA DE DERECHOS DE AUTOR

Por medio de la presente certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación son de absoluta propiedad, y responsabilidad de **KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO** con C.I **0930289756**.

Cuyo título es **"Caracterización Y Determinación De La Calidad Del Hidrocarburo Condensado Que Se Obtiene En La Extracción Del Gas Natural En El Campo Amistad Bloque 6 Operado Por Petroamazonas EP, Con Fines Para Ser Usado Como Combustible"**

Derechos que renuncio a favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso como a bien convenga.

_____

**KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**
**C.I: 0930289756**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Habiendo sido nombrada **ING. QCA. SANDRA PEÑA MURILLO, MSc**., tutor del trabajo de titulación certifico que el presente proyecto ha sido elaborado por **KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**, C.I.:**0930289756**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERA QUÍMICA.

Tema: **‘‘Caracterización Y Determinación De La Calidad Del Hidrocarburo Condensado Que Se Obtiene En La Extracción Del Gas Natural En El Campo Amistad Bloque 6 Operado Por Petroamazonas EP, Con Fines Para Ser Usado Como Combustible’’**

Certifico que he revisado y aprobado en todas sus partes, encontrándose apta para su sustentación.

Atentamente.

_____

**ING. QCA. SANDRA PEÑA MURILLO, MSc.**
**C.I: 0917228801**

URKUND

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Tesis Hidrocarburo Condensado (1).pdf (D23136473)
**Submitted:** 2016-11-08 17:19:00
**Submitted By:** janeth.zalameac@ug.edu.ec
**Significance:** 6 %

Sources included in the report:

TESIS TERMINADA Diego Sornoza y Diana Calderon Junio 2016.doc (D20765066)
http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2459/1/T-UCE-0017-55.pdf
http://www.portaldelpetroleo.com/2009/06/comportamiento-de-fases-en-muestras-de_13.html
http://www.deperu.com/abc/hidrocarburos/368/gas-natural-en-el-peru
http://www.slideshare.net/yennycg/slb-ensayo-sobre-tanques
http://www.motrassa.com/

Instances where selected sources appear:

24

## LISTA DE ABREVIATURAS

MSCF: Millones de pies cúbicos.

BBL: Barriles

BHCPD: Barriles de Hidrocarburo Condensado por día.

GLP: Gas Licuado de Petróleo.

LGN: Líquidos del Gas Natural.

GNL: Gas Natural Licuado

WPC: World Petroleum Congressess

SPE: Society of Petroleum Engineers

HC: Hidrocarburo Condensado

API: American Petroleum Institute

Tm3: Toneladas metros cúbicos

Tf3: Toneladas pies cúbicos

HCC: Hidrocarbon Condensate

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

ASTM: American Society for Testing and Materials.

## DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza para seguir adelante y no decaer frente a todos los obstáculos que se me presentan día a día.

A mis padres Leonor y Fulgencio por estar conmigo en cada momento, en cada alegría y tristeza; sin ustedes este logro no fuera posible, ustedes son el pilar fundamental en mi vida. Gracias por sus sabios consejos sus palabras de ánimos y sobre todo por confiar en mí.

A mi hermana Dayanna por contar con su ayuda cuando más lo necesito.

A la luz que me guía desde el cielo mi abuelita Alba quien siempre me quiso ver graduada y cumpliendo cada uno de mis sueños.

A mí novio Josue quien me da esa fortaleza día a día y me demuestra su amor incondicional.

Y por último y no menos importante a toda mi familia que de una u otra forma estuvieron pendientes de mi desarrollo estudiantil.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por llenar mi vida de bendiciones y salud.

A mi familia porque sin ellos no sería posible este logro gracias por su amor, apoyo, fuerza, comprensión brindado a lo largo de mis estudios Universitarios, por alentarme a seguir adelante y no desmayar en el camino.

A Josue por su apoyo y amor en cada parte de mi desarrollo profesional, sus palabras de ánimos que fueron necesarias e indispensables para cumplir esta meta.

A mi querida Facultad de Ingeniería Química y profesores por permitirme formar como profesional.

A mi Directora de Tesis Ing. Sandra Peña gracias por confiarme tan distinguido tema.

A Petroamazonas EP por su apertura en la realización del tema desarrollado.
A EP Petroecuador y la Facultad de Ingeniería Química por darme la oportunidad de realizar los análisis en su Laboratorio.

A los Ingenieros Eddie, Washington y Carlos que tuvieron la amabilidad de facilitarme la información necesaria y complementaria de mi tema.

A todos aquellos que de una u otra manera han colaborado para que este proyecto sea posible: Ingenieras Pamela, Adriana, Elizabeth.

# RESUMEN

La presente investigación consiste en la caracterización y determinación de la calidad del Hidrocarburo Condensado. Para determinar las propiedades Físico Químicas que al mezclarse con Diesel 2 cumpla con las especificaciones de la Norma NTE INEN 1489:2012 establecida para productos derivados del petróleo. La muestra de Hidrocarburo Condensado se ha tomado en la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto operado por Petroamazonas EP. El Hidrocarburo condensado no ha sido aprovechado y es trasladado en auto tanque a Refinería La Libertad para su posterior proceso. La metodología que se ha aplicado es de tipo experimental, siguiendo métodos estandarizados y registrando las variables obtenidas. En base a los resultados que se han generado en la caracterización y determinación de la calidad del Hidrocarburo Condensado, se lo ha considerado parte de la familia de Diesel y apto para su mezcla con el Diesel 2. Se ha obtenido la mezcla idónea con un porcentaje de 25% Hidrocarburo Condensado 75% Diesel 2, ya que ha cumplido con las especificaciones de la Norma NTE INEN 1489:2012. Lo que permitirá realizar su uso como un combustible en las operaciones y Planta Procesadora de Gas Natural del Campo Amistad, Bloque 6 operado por Petroamazonas EP.

**PALABRAS CLAVES:** Hidrocarburo Condensado, Diesel 2, Caracterización Físico Química, Mezcla

## ABSTRACT

The current investigation consists of the characterization and quality determination of hydrocarbon condensate, determining physicochemical properties that when mixed with Diesel 2 complies with the specifications established in the Standard NTE INEN 1489: 2012 established for Oil products. It has been taken the sample of Hydrocarbon Condensate at Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto Operated by Petroamazonas EP. The Condensate Hydrocarbon has not been used and is transferred by auto tank to Refinería La Libertad for its subsequent process. The methodology that has been applied is of an experimental type, following the standardized methods and recording the variables obtained. In base of the results have generated in the characterization and quality determination Condensate Hydrocarbon, it has considered part of the family of Diesel and suitable for mixing with Diesel 2. It has obtained the ideal blend with a percentage of 25 % Hydrocarbon Condensate 75 % Diesel 2, because it has met the specifications of the Standard NTE INEN 1489:2012. This will allow its use as a fuel in mining operations and Planta Procesadora de Gas Natural del Campo Amistad, Bloque 6 operated by Petroamazonas EP.



**KEYWORDS:** Hydrocarbon Condensate, Diesel 2, Characterization Physicochemical, Blends.

# ÍNDICE

RENUNCIA DE DERECHOS DE AUTOR.....……II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR…….....III
SISTEMA ANTI PLAGIO URKUND……..IV
LISTA DE ABREVIATURAS .....V
DEDICATORIA……VI
AGRADECIMIENTO……..VII
RESUMEN……..VIII
ABSTRACT…….....IX
ÍNDICE…….....X
INTRODUCCIÓN.....1
1. LA INVESTIGACIÓN (EL PROBLEMA) .....3
1.1 Tema .....3
1.2 Planteamiento del problema .....3
1.3 Formulación del problema.....5
1.4 Limitación del estudio .....5
1.5 Alcance del trabajo .....6
1.6 Objetivos.....7
1.6.1 Objetivo General ..... 7
1.6.2 Objetivo Especifico..... 7
1.7 Idea a defender.....8
1.8 Preguntas a contestar.....8
1.9 Justificación del problema.....8
1.10 Hipótesis.....9
1.11 Variables.....10
2. FUNDAMENTO TEÓRICO (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA) .....12
2.1 Gas Natural .....12
2.1.1 Reservas Probadas .....13
2.1.2 Producción de Gas Natural. .....14
2.1.2.1 Producción Mundial de Gas Natural..... 14
2.1.2.2 Producción de Gas Natural en Ecuador ..... 15
2.2 Extracción del Gas Natural .....16

2.1.1 Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6…… …… ..... 16
2.1.2 Generalidades del Campo Amistad Bloque 6..... 18
2.3 Proceso de la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto Petroamazonas EP..... 18
2.3.1 Detalle del Proceso de la Planta Deshidratadora de Gas Natural……. ..... 19
2.3.1.1 Incoming Pipeline ..... 19
2.3.1.2 Slug Catcher..... 19
2.3.1.3 Flash Separador ..... 20
2.3.1.4 Compensadores de Presión ..... 20
2.3.1.5 Proceso de Deshidratación del Gas ..... 20
2.3.1.6 Válvula PCV Fisher 9011 ..... 20
2.3.2 Hidrocarburo Condensado ..... 21
2.3.3 Formación del Hidrocarburo Condensado..... 22
2.4 Estudios Realizados al Hidrocarburo Condensado ..... 22
2.4.1 Metodología, Materiales Y Equipos Utilizados ..... 23
2.4.1.1 Gravedad API..... 23
2.4.1.2 Contenido de Azufre (% S)..... 23
2.4.1.3 Cromatografía Líquida SARA ..... 24
2.4.1.4 Cromatografía de Gases con Espectrometría de Masas…….. ……. ..... 24
2.5 Diesel..... 29
2.5.1 Definición de diesel ..... 29
2.5.2 Proceso de obtención del diesel..... 29
2.5.3 Especificaciones para el diesel ..... 29
2.5.4 Diesel a nivel mundial ..... 30
2.5.5 Diesel en Ecuador ..... 30
2.6 Motor a Diesel..... 31
2.6.1 Definición de motor diesel ..... 31
2.6.2 Funcionamiento del motor diesel..... 32
3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL ..... 34
3.1 Diseño Experimental..... 34
3.2 Metodología de la investigación..... 36
3.2.1 Tipo de enfoques metodológico ..... 36
3.2.2 Caracterización de la muestra..... 36

3.2.3 Normas..... 36
3.3 Calidad del producto ..... 38
3.3.1 Clasificación del Hidrocarburo Condensado en función de su calidad……..... 38
3.3.2 Requisitos de Acuerdo a la Norma NTE INEN 1489:2012……..... 39
3.4 Ensayos de caracterización ..... 40
3.4.1 Determinación de la Densidad API..... 41
3.4.1.1 Resultado Experimental Determinación de la Densidad API para las muestras Hidrocarburo Condensado-Diesel 2. ..... 41
3.4.2 Destilación ASTM..... 43
3.4.2.1 Resultado Experimental de la Destilación ASTM para la muestra Hidrocarburo Condensado-Diesel 2. ..... 44
3.4.3 Corrosión sobre la lámina de Cobre..... 45
3.4.3.1 Resultado Ensayo Corrosión sobre la lámina de cobre……..... 45
3.4.4 Punto de Inflamación..... 46
3.4.4.1 Resultado Experimental Punto de Inflamación..... 47
3.4.5 Viscosidad Cinemática. ..... 48
3.4.5.1 Constantes utilizadas Viscosidad Cinemática. ..... 48
3.4.5.2 Resultado Experimental Viscosidad Cinemática. ..... 49
3.4.6 Índice de Cetano Calculado. ..... 50
3.4.6.1 Datos Experimentales Índice de Cetano Calculado. ..... 50
3.4.7 Contenido de Azufre..... 52
3.4.7.1 Resultado Experimental Contenido de Azufre..... 53
3.4.8 Determinación de Agua..... 54
3.4.8.1 Resultado Experimental Determinación de Agua ..... 54
3.4.9 Determinación del Residuo Carbón Conradson. ..... 55
3.4.9.1 Resultado Experimental Determinación del Residuo Carbón Conradson……..... 56
3.4.10.1 Resultado Experimental Determinación de Ceniza. ..... 57
3.4.11 Color ASTM..... 58
3.4.11.1 Resultado Experimental Color ASTM ..... 58
3.4.12 Poder Calorífico..... 59
3.4.12.1Resultado Experimental Poder Calorífico..... 60

3.5 Consumo Específico de Combustible..... 61
3.6 Factibilidad Económica Proyección Anual..... 62
3.7 Ingenieria de proceso ..... 65
3.7.1 Diagrama de Proceso obtención de Hidrocarburo Condensado Planta Procesadora Gas Natural Bajo Alto……..……..……..…..…...65
3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ..... 66
3.8.1 Resultados experimentales..... 66
3.8.2 Caracterización de la Mezcla optima 25% Hidrocarburo Condensado 75% Diesel 2. ..... 66
3.8.3 Interpretación de análisis de ensayos ..... 69
3.8.3.1Determinación de la Densidad API..... 69
3.8.3.2 Viscosidad Cinemática ..... 69
3.8.3.3 Punto de Inflamación..... 70
3.8.3.4 Destilación ASTM..... 71
3.8.3.5 Poder Calorífico..... 73
3.8.3.6 Índice de Cetano Calculado ..... 73
3.8.3.7 Contenido de Azufre..... 74
3.8.3.8 Corrosión sobre la lámina de cobre..... 75
3.8.3.9 Agua y Sedimento ..... 76
3.8.3.10 Determinación del Residuo Carbón Conradson ..... 77
3.8.3.11Determinación de Cenizas ..... 77
3.8.3.12 Color ASTM..... 78
3.9 Comparación de los datos obtenidos. ..... 79
CONCLUSIONES.....82
RECOMENDACIONES……...83
BIBLIOGRAFÍA……...84
ANEXOS……..... ……87

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Producción anual de Hidrocarburo Condensado planta procesadora de Gas Natural TK 3010 ..... 6
TABLA 2 Producción anual de Hidrocarburo Condensado planta procesadora de Gas Natural TK 3020 ..... 6
TABLA 3 Operacionalización de las variables..... 11
TABLA 4 Reservas probadas de Gas Natural año 2014 por país… ..... 13
TABLA 5 Condiciones de la plataforma amistad..... 18
TABLA 6 Datos de las muestras de crudo ..... 23
TABLA 7 Determinación de API y porcentaje de azufre ..... 25
TABLA 8 Cromatografía líquida SARA ..... 26
TABLA 9 Normas utilizadas en los ensayos ..... 37
TABLA10 Evaluación de la calidad del hidrocarburo condensado en base a la normativa NTE INEN 1489:2012….. ..... 38
TABLA 11 Requisitos del Diesel No.1 ..... 39
TABLA 12 Requisitos del Diesel No.2 ..... 39
TABLA 13 Requisitos del Diesel Premium ..... 40
TABLA 14 Densidad API..... 41
TABLA 15 Relación densidad API con gravedad específica..... 42
TABLA 16 Densidad API..... 42
TABLA 17 Relación densidad API con gravedad específica..... 43
TABLA 18 Datos obtenidos en el proceso de destilación ASTM… ..... .44
TABLA 19 Datos obtenidos en el proceso de destilación ASTM… ..... ..44
TABLA 20 Resultado ensayo corrosión sobre la lámina de cobre ..... 45
TABLA 21 Resultado ensayo corrosión sobre la lámina de cobre ..... 46
TABLA 22 Resultado experimental punto de inflamación ..... 47
TABLA 23 Resultado experimental punto de inflamación ..... 47
TABLA 24 Constantes de los capilares usados en el ensayo viscosidad cinemática. ..... 48
TABLA 25 Constantes de los capilares usados en el ensayo viscosidad cinemática. ..... 48
TABLA 26 Resultado experimental viscosidad cinemática ..... 49
TABLA 27 Resultado experimental viscosidad cinemática ..... 49
TABLA 28 Datos experimentales para el índice de cetano calculado ..... 50
TABLA 29 Datos experimentales para el índice de cetano calculado ..... 51
TABLA 30 Resultado experimental del índice de cetano calculado. ..... 51
TABLA 31 Resultado experimental del índice de cetano. ..... 52
TABLA 32 Resultado experimental del contenido de azufre..... 53
TABLA 33 Resultado experimental del contenido de azufre..... 53
TABLA 34 Resultado experimental determinación de agua..... 54

TABLA 35 Resultado experimental determinación de agua y sedimento por centrifugación ..... 55
TABLA 36 Resultado experimental determinación del residuo de carbón conradson. ..... 56
TABLA 37 Resultado experimental determinación del residuo de carbón conradson. ..... 56
TABLA 38 Resultado experimental determinación de cenizas ..... 57
TABLA 39 Resultado experimental determinación de cenizas ..... 58
TABLA 40 Resultado experimental ensayo de color ASTM ..... 58
TABLA 41 Resultado experimental ensayo de color ASTM ..... 59
TABLA 42 Resultado experimental poder calorífico. ..... 60
TABLA 43 Resultado experimental poder calorífico. ..... 60
TABLA 44 Tabla de consumo en baja, media y alta revolución ..... 61
TABLA 45 Tabla de resultados de consumo de Diesel 2 y mezcla Hidrocarburo Condensado/Diesel2 ..... 61
TABLA 46 Cantidades despachadas en tanqueros hacia refinería año 2012 al 2015 ..... 62
TABLA 47 Dinero destinado al envío del Hidrocarburo Condensado año 2012 al 2015 ..... 63
TABLA 48 Cantidad requerida de Hidrocarburo Condensado para ser mezclado año 2012 al 2015 ..... 63
TABLA 49 Posible mezcla mensual de acuerdo a lo despachado a refinería en los años 2012 al 2015 ..... 64
TABLA 50 Cantidades requeridas anualmente para realizar la mezcla Hidrocarburo Condensado /Diesel 2 ..... 64
TABLA 51 Ahorro anual al realizar la mezcla Hidrocarburo Condensado/ Diesel 2 ..... 64
TABLA52 Caracterización de la mezcla óptima de Hidrocarburo Condensado diesel 2. ..... 67
TABLA 53 Caracterización de la mezcla óptima de Hidrocarburo Condensado Diesel 2. ..... 68
TABLA 54 Cuadro comparativo análisis de ensayos ..... 80
TABLA 55 Cuadro comparativo análisis de ensayos ..... 81

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Ubicación geográfica planta deshidratadora de Gas Natural. ..... 5
GRÁFICO 2 Producción de Gas Natural año 2014 ..... 14
GRÁFICO 3 Producción de Gas Natural promedio por día Ecuador..... 15
GRÁFICO 4 Relación ºAPI vs. porcentaje de azufre..... 25
GRÁFICO 5 Clasificación de crudos según °API..... 26
GRÁFICO 6 Fracción aromática vs. fracción saturada ..... 27
GRÁFICO 7 Fracción saturada vs. fracción polar..... 28
GRÁFICO 8 Relación porcentaje de polares vs. porcentaje de azufre ..... 28
GRÁFICO 9 Funcionamiento motor diesel cuatro tiempos ..... 32
GRÁFICO10 Esquema del procedimiento para la caracterización fisicoquímica del hidrocarburo condensado y su mezcla con diesel 2..... 35
GRÁFICO 11 Densidad API vs concentración ..... 69
GRÁFICO 12 Viscosidad cinemática vs concentración ..... 70
GRÁFICO 13 Punto de inflamación vs concentración ..... 71
GRÁFICO 14 Destilación ASTM vs concentración..... 72
GRÁFICO 15 Destilación ASTM vs concentración..... 72
GRÁFICO 16 Poder calórifico vs concentración ..... 73
GRÁFICO 17 Índice de cetano calculado vs concentración ..... 74
GRÁFICO 18 Contenido de azufre vs concentración..... 75
GRÁFICO 19 Corrosión sobre la lámina de cobre vs concentración..... 75
GRÁFICO 20 Contenido de agua y sedimento vs concentración… ..... 76
GRÁFICO 21 Determinación del residuo carbón conradson vs concentración ... 77
GRÁFICO 22 Determinación de cenizas vs concentración..... 78
GRÁFICO 23 Color ASTM vs concentración..... 78

# INTRODUCCIÓN

El Hidrocarburo Condensado proveniente del Gas Natural es una mezcla de hidrocarburos líquido de escasa densidad, su formación se da cuando la presión de fondo de pozo  cae por debajo del punto de rocío, el condensado se separa de la fase gaseosa. Luego de un breve período transitorio, la región alcanza una condición de flujo en estado estacionario con el gas y el condensado fluyendo. La saturación de condensado, es mayor cerca del pozo porque la presión es más baja, lo que implica más condensación de líquido. La permeabilidad relativa al petróleo aumenta con la saturación. La reducción de la permeabilidad relativa al gas cerca del pozo ilustra el efecto de la formación del Condensado.

La utilización de combustibles que reemplacen los productos derivados del petróleo se ha desarrollado en gran avance en nuestro país, en el cual se han implementado los biocombustibles como lo es la gasolina extra con 5% de etanol. Con la finalidad de mejorar la calidad del aire, en el ámbito ambiental evitando así el efecto de gases de invernadero y a su vez satisfacer la demanda de combustibles a nivel nacional.

El presente trabajo se realizó con el fin de establecer la caracterización Físico Química de la mezcla óptima de Hidrocarburo Condensado con Diesel 2 para cumplir con las especificaciones establecidas en la Norma NTE INEN 1489: 2012.

También contribuye a la innovación de la matriz productiva en nuestro país implementando una nueva forma de aprovechar el subproducto obtenido en la extracción de Gas Natural y obtener un combustible que pueda ser utilizado en las operaciones del Campo Amistad.

Esta mezcla se preparó con la finalidad de utilizarla en un motor de combustión interna, en el cual no exista alteración en el comportamiento del motor garantizando su uso como combustible.

# CAPÍTULO I

## 1. LA INVESTIGACIÓN (EL PROBLEMA)

### 1.1 Tema

Caracterización y determinación de la calidad del Hidrocarburo Condensado que se obtiene en la extracción del Gas Natural en el campo Amistad Bloque 6 operado por Petroamazonas EP, con fines para ser usado como combustible.

### 1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad el condensado saliente de la extracción del Gas Natural del Campo Amistad bloque 6 es trasladado en auto tanque a la Refinería La Libertad y almacenado en tanques para su posterior proceso.

El campo Amistad quiere aprovechar este recurso para reducir costos de transporte y su posible uso del condensado como un componente que presente características accesibles a realizar una combinación y pueda ser usado en sus equipos o adicionado a un motor a combustión en el Campo Amistad.

Históricamente, los líquidos condensados han sido significativamente más valiosos que el gas, situación que se mantiene en algunos lugares alejados de los mercados de gas o de los sistemas de transporte. El diferencial de precios motivó que el reciclaje del gas se convirtiera en una

práctica común. La inyección de gas seco en una formación para mantener la presión del yacimiento por encima del punto de rocío desplaza lentamente las valiosas fracciones pesadas que aún se encuentran en solución en el gas del yacimiento.

Con el tiempo, el yacimiento es purgado; es decir, el gas seco o pobre es producido a una presión de fondo de pozo baja (Li Fan, 2006)[1].

Un gas condensado es un tipo de fluido que se encuentra en fase gaseosa dentro del yacimiento. Cuando ocurre una disminución de presión, se produce una condensación de líquidos proveniente del gas en forma de fase líquida libre en el yacimiento. Los gases condensados se caracterizan por una relación gas/líquido, con una gravedad API del líquido que se encuentra en un rango desde los 40 a 60° API[2], aunque gravedades tan bajas como 29° API han sido reportadas (Madrid, 2009)[3].

El condensado se genera no solamente en el yacimiento, sino también cuando el líquido se precipita, desde una corriente de gas en tuberías o instalaciones de superficie.

Al extraer el gas natural de un pozo, vemos que contiene Hidrocarburo Condensado y Agua los cuales son necesarios remover, con la ventaja de que éstos tienen gran valor ya que pueden ser usados en Campo Amistad Bloque 6.

---

[1] Revisión de los yacimientos de gas condensado, 2006
[2] API: American Petroleum Institute
[3] Comportamiento de fases en muestras de gas condensado , Portal del Petróleo, 2016

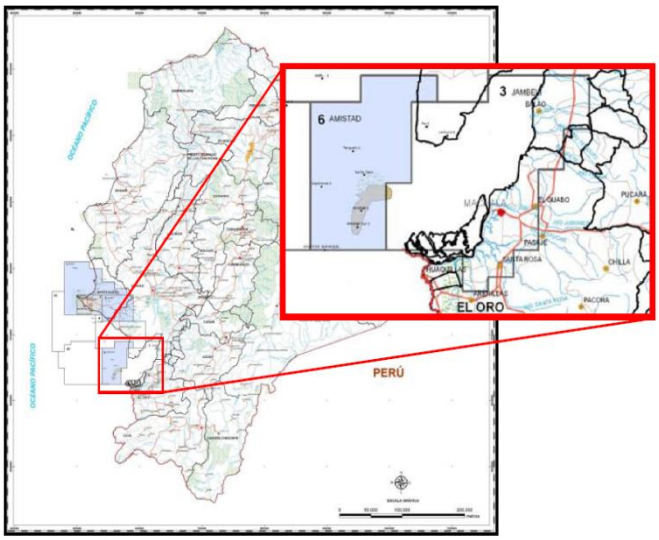
## 1.3 Formulación del problema

¿Es factible en el Campo Amistad Bloque 6 en base a la disponibilidad del Hidrocarburo Condensado sea aprovechado este subproducto de la explotación del Gas Natural y utilizarlo como combustible?

## 1.4 Limitación del estudio

El presente trabajo fue realizado en la provincia del Oro, Campo Amistad Bloque 6, específicamente en la Planta Deshidratadora de Gas Natural

**GRÁFICO 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA PLANTA DESHIDRATADORA DE GAS NATURAL.**




**Fuente:** Petroamazonas EP

La disponibilidad de Hidrocarburo Condensado de la Planta Procesadora de Gas Natural se presenta en la Tabla 1, teniendo en consideración la cantidad de Gas Natural producido.

**TABLA 1 PRODUCCIÓN ANUAL DE HIDROCARBURO CONDENSADO PLANTA PROCESADORA DE GAS NATURAL TK 3010**

| PRODUCCIÓN ANUAL DE HIDROCARBURO CONDENSADO | | | |
|---|---|---|---|
| Año | Hidrocarburo Condensado (BLS) | API | Gas Natural (MSCF) |
| 2012 | 5193.56 | 26.0 | 15,248,511 |
| 2013 | 5573.37 | 23.4 | 18,052,185 |
| 2014 | 2157.68 | 27.6 | 20,292,208 |
| 2015 | 3338.34 | 25.7 | 17,375,428 |

**Fuente:** Petroamazonas EP

**TABLA 2 PRODUCCIÓN ANUAL DE HIDROCARBURO CONDENSADO PLANTA PROCESADORA DE GAS NATURAL TK 3020**

| PRODUCCIÓN ANUAL DE HIDROCARBURO CONDENSADO | | | |
|---|---|---|---|
| Año | Hidrocarburo Condensado (BLS) | API | Gas Natural (MSCF) |
| 2012 | 820.94 | 25.5 | 15,248,511 |
| 2013 | 170.22 | 23.5 | 18,052,185 |
| 2014 | 2064.05 | 22.6 | 20,292,208 |
| 2015 | 2008.87 | 27.2 | 17,375,428 |

**Fuente:** Petroamazonas EP

La presente Investigación está centrada únicamente en la caracterización y determinación de la calidad del Hidrocarburo Condensado, manteniéndose fuera del alcance El Gas Natural producido debido a que es producto de la explotación en la Plataforma Amistad de donde proviene el Hidrocarburo Condensado y no es conveniente usarlo para la finalidad de la cual está enfocado el trabajo.

## 1.5 Alcance del trabajo

La presente investigación se constituye como una investigación experimental ya que se determinará la calidad del Hidrocarburo

Condensado con la finalidad de otorgarle un uso en la familia de los combustibles cumpliendo la Norma NTE INEN 1489:2012.

En el desarrollo de la investigación también se establecerá la factibilidad de mezclar el Hidrocarburo Condensado con Diesel 2 para ser utilizado como combustible en las operaciones de campo, proporcionando así una alternativa de aprovechar al subproducto obtenido durante la extracción del Gas Natural de los pozos productores del Campo Amistad Bloque 6.

## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo General

Caracterizar y determinar la calidad del Hidrocarburo Condensado obteniendo el porcentaje idóneo de mezcla para ser utilizado como combustible y que cumpla con las especificaciones requeridas en las normas para su posible uso.

### 1.6.2 Objetivo Especifico

- Determinar el porcentaje idóneo entre Hidrocarburo Condensado y Diesel 2 para su posible uso como combustible.
- Comparar los resultados de las pruebas de laboratorio con la Norma NTE INEN 1489:2012 para combustible Diesel 2.
- Realizar prueba de  Consumo de la mezcla a utilizarse en un motor de combustión interna.
- Analizar la factibilidad económica de uso del combustible obtenido para que sea aprovechado en la Campo Amistad Bloque 6.

## 1.7 Idea a defender

El Hidrocarburo Condensado es un subproducto obtenido del Gas Natural que puede ser utilizado como combustible en las actividades propias de las operaciones del Campo Amistad Bloque 6.

## 1.8 Preguntas a contestar

-¿Puede ser considerada la mezcla Hidrocarburo Condensado con Diesel 2 como un combustible a utilizarse en la Industria?

-¿Qué cantidad de Hidrocarburo Condensado puede ser adicionado a un tanque de Diesel 2 y cumplir con las características de la norma INEN?

-¿Es factible operativamente mezclar al Hidrocarburo Condensado con el Diesel 2?

-¿Se obtiene un ahorro considerable al utilizar el Hidrocarburo Condensado junto con el Diesel 2 en las actividades propias de operación del Campo Amistad?

## 1.9 Justificación del problema

La importancia de esta investigación radica en determinar si es factible el uso del Hidrocarburo Condensado y optimizar este recurso en el Campo Amistad Bloque 6, para lo cual este será analizado y aprovechando sus características Físico  Químicas correlacionados a un uso en la familia de los combustibles.

Considerar realizar mezclas que sean factibles para dar el posible uso al Hidrocarburo Condensado generará reducción de costos operativos, ya que se destinará su utilización en las mismas instalaciones del Campo.

El Condensado que se produce desde la Plataforma de producción del Campo Amistad ubicado en el golfo de Guayaquil es separado en la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto teniendo al condensado como subproducto del proceso de producción de Gas Natural, este es transportado hasta las instalaciones de la Refinería La Libertad; lo cual involucra costos y riesgos asociados para el Bloque 6 por lo que se presenta el requerimiento de realizar un estudio de las especificaciones y características técnicas de este condensado y así darle otro uso.

El principal beneficiario será Petroamazonas EP, ya que con el presente estudio del Hidrocarburo Condensado se determinará un gran aporte a la empresa puesto que actualmente se generan entre 231-476 barriles aproximadamente del subproducto al mes, esto conlleva una problemática en la disposición final del mismo.

## 1.10 Hipótesis

Mediante la formulación del porcentaje adecuado de Hidrocarburo Condensado con Diesel 2, que cumpla los parámetros requeridos en las Normas INEN, ASTM y la prueba de consumo en un motor permitirá su uso como combustible en las operaciones del Campo Amistad Bloque 6.

## 1.11 Variables

Las variables empleadas se someterán a medición con el fin de evaluar la hipótesis establecida de esta investigación, consiste en controlar durante el proceso de extracción de Gas Natural la disponibilidad de Hidrocarburo Condensado y el proceso de obtención.(Variable Dependiente) En el diseño experimental denota las mezclas formuladas entre Hidrocarburo Condensado y Diesel 2 (Variable Independiente).

## TABLA 3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

| Variable | Tipo de Variable | Operacionalización | Categoría | Definición | Indicadores | Nivel de Medición | Unidad de Medida |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Disponibilidad del Hidrocarburo Condensado | Dependiente discreta | Estima la cantidad de Hidrocarburo Condensado disponible en la Planta de Procesamiento de Gas Natural, para su aprovechamiento | Entrevista | Es la herramienta empleada para la recolección de datos en base a la disponibilidad en la Planta Procesadora de Gas Natural Bajo Alto | Tanques de almacenamiento | Numérico | BBL |
| Control del Proceso de Obtención de Hidrocarburo | Dependiente continua | Especifica los parámetros medidos en el proceso de obtención del Hidrocarburo | Parámetros de seguimiento | Son aquellos que deberán ser medidos durante el proceso | API<br>Nivel de Tanques de Almacenamiento | Numérico | °API<br>BBL |
| Formulación de las mezclas | Independiente Continua | Cantidades de Hidrocarburo Condensado y Diesel 2 empleadas para los diferentes % de mezcla | Materiales y equipos de mezcla | Corresponde a los ensayos de carcaterización de Hidrocarburo Condensado con Diesel 2 | Gravedad API<br>Punto de Inflamación<br>Destilación ASTM 90%<br>Contenido de Azufre<br>Contenido de Cenizas<br>Carbón Conradson<br>Contenido de Agua y Sedimento<br>Viscosidad Cinemática<br>Indice de Cetano Calculado<br>Corrosión a la lámina de Cobre<br>Poder Calorífico<br>Prueba de Consumo | Numérico | °C<br>%<br>cst<br>Btu/lb<br>ml |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

# CAPÍTULO II

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

## (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)

### 2.1 Gas Natural

El gas natural es un combustible fósil formado por un conjunto de hidrocarburos que en condiciones de reservorio, se encuentran en estado gaseoso o en disolución con el petróleo. Se encuentra en la naturaleza como gas natural asociado cuando está acompañado de petróleo y como gas natural no asociado cuando no está acompañado de petróleo. (Graziani, 2002)

El principal componente del gas natural es el metano. Sus otros componentes son el etano, el propano, el butano y otras fracciones más pesadas como el pentano, el hexano y el heptano. (Graziani, 2002)

Generalmente contiene 1% de impurezas como son el nitrógeno, bióxido de carbono, helio, oxígeno, vapor de agua y otras que son también de combustión limpia. (Graziani, 2002)

A diferencia del petróleo, el gas natural no requiere de plantas de refinación para procesarlo y obtener productos comerciales. Las impurezas que pueda contener el gas natural son fácilmente separadas por procesos físicos relativamente sencillos. (Graziani, 2002)

A la presión atmosférica y a igualdad de volumen, el gas natural tiene un contenido energético menor que el petróleo mil cien veces menor, pero al comprimirse su contenido energético se incrementa, razón por la cual se transporta a presión. (Graziani, 2002)[4]

### 2.1.1 Reservas Probadas

A continuación se muestra las reservas probadas de Gas Natural en el mundo.

**TABLA 4 RESERVAS PROBADAS DE GAS NATURAL AÑO 2014 POR PAÍS**

| Reservas Probadas Año 2014 | | | |
|---|---|---|---|
| **Nro.** | **País** | **Trillones de metros cúbicos** | **% sobre total mundial** |
| 1 | Irán | 34.0 | 18.2% |
| 2 | Rusia | 32.6 | 17.4% |
| 3 | Qatar | 24.5 | 13.1% |
| 4 | Turkmenistán | 17.5 | 9.4% |
| 5 | Estados Unidos | 9.8 | 5.2% |
| 6 | Arabia Saudita | 8.2 | 4.4% |
| 7 | Emiratos Arabes Unidos | 6.1 | 3.3% |
| 8 | Venezuela | 5.6 | 3.0% |
| 9 | Nigeria | 5.1 | 2.7% |
| 10 | Algeria | 4.5 | 2.4% |

**Fuente:** Instituto Petroquímico Ecuatoriano

Como se observa en la Tabla 4 los 10 países citados poseen el 79% de las reservas probadas totales de gas natural en el mundo.

El país que mayores reservas presenta es Irán, seguido de Rusia y Catar. Solo existen dos países del continente americano en el listado, que son

[4] El Gas Natural,2002

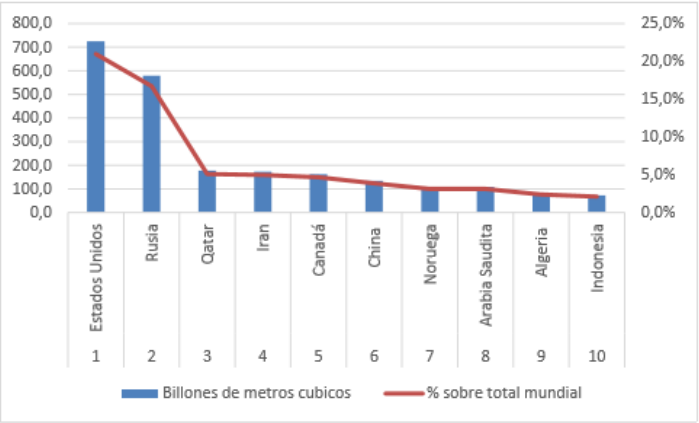
Estados Unidos y Venezuela, con el 5.2% y el 3.0% de participación en las reservas totales, respectivamente. (Ing. Sebastián Pereira O, 2015)[5]

### 2.1.2 Producción de Gas Natural.

#### 2.1.2.1 Producción Mundial de Gas Natural

En cuanto a la producción de gas natural, de la misma fuente de British Petroleum, se puede mencionar que los países que más producen a nivel mundial son los representados en el Gráfico 2.

**GRÁFICO 2 PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL AÑO 2014**




**Fuente:** Instituto Petroquímico Ecuatoriano

En el Gráfico 2 se indica que 10 son los países que producen la mayor cantidad de gas natural en el mundo, con una participación del 67.2% en la producción total mundial. En primer lugar se encuentra Estados Unidos, seguido por Rusia y Catar. (Ing. Sebastián Pereira O, 2015)[6]

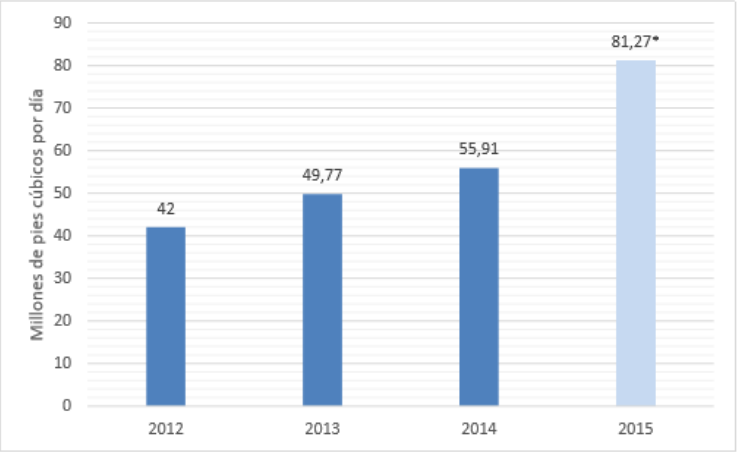
[5] Producción de Gas Natural en el Mundo y en el Ecuador,2015
[6] Producción de Gas Natural en el Mundo y en el Ecuador,2015

### 2.1.2.2 Producción de Gas Natural en Ecuador

La producción de Gas Natural en el Ecuador es reducida comparada con otros países latinoamericanos, como Argentina, Brasil, Venezuela o México.

De la información obtenida de la empresa pública Petroamazonas EP, en los últimos años 2012, 2013, 2014, 2015 se ha generado la siguiente producción de Gas Natural.

**GRÁFICO 3 PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL PROMEDIO POR DÍA ECUADOR.**




**Fuente:** Instituto Petroquímico Ecuatoriano

Como se observa en el Gráfico 3 la producción de Gas Natural en el Ecuador mantiene una tendencia positiva creciente.

De acuerdo al Balance Energético Nacional 2013, la producción total de Gas Natural en el Ecuador año base 2012 fue de 149 millones de pies cúbicos diarios, de los cuales el 28% correspondió a gas libre; es decir, al obtenido en el Campo Amistad, y el restante 72% al gas asociado, que

corresponde al obtenido de los pozos petroleros. (Ing. Sebastián Pereira O, 2015)

## 2.2 Extracción del Gas Natural

### 2.1.1 Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6

La Plataforma Amistad recibe el fluido multifásico proveniente de los pozos locales pozo A-6, A-8, A-12, A15, A16. El fluido proveniente de los pozos es recibido en un múltiple de producción de 10” de diámetro nominal. (PetroamazonasEP, Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6, 2016)

Debido a que los pozos remotos se encuentran a mayor presión que los pozos locales, es necesario disminuir su presión para poder enviar su producción al múltiple de 10” junto con la producción de los pozos locales. Al disminuir la presión del fluido, su temperatura disminuye lo cual genera la posible formación de hidratos en la corriente. Para evitar este fenómeno, el fluido proveniente de cada uno de los pozos remotos pasa previamente por un calentador en línea independiente, con el objeto de aumentar su temperatura antes de realizar la disminución de presión mediante válvulas de choke. (PetroamazonasEP, Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6, 2016)

Una vez enviada la producción de los pozos al múltiple de producción de 10”, se realiza la separación primaria del gas, hidrocarburos condensados y agua asociada en la corriente mediante el separador de producción trifásico. El gas separado es medido en línea a través del medidor propio

del equipo. Los hidrocarburos condensados y agua separados son medidos de forma individual en los medidores de turbina propios del separador. Antes de enviar el gas natural a la planta Bajo Alto, ubicada en tierra firme en el Bloque 6, éste es medido a través del medidor; posteriormente, el gas natural se mezcla con la corriente de hidrocarburos condensados separados para su envío final a Bajo-Alto, por medio de un gasoducto de 12” de diámetro nominal que dispone de una trampa lanzador. Para cuantificar la producción de cada pozo, la plataforma dispone de las facilidades para enviar la producción de un pozo en particular al separador de prueba trifásico, a través de un múltiple de prueba de 6” de diámetro nominal. El gas, hidrocarburos condensados, y agua separados, son medidos en los instrumentos propios del separador.

El gas y los hidrocarburos condensados separados en este equipo se mezclan con las respectivas corrientes de hidrocarburos consensados y gas separados en el separador de producción. (PetroamazonasEP, Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6, 2016)

El agua obtenida en los separadores tanto de producción, como de prueba, es enviada al tanque desnatador. Por otro lado, el agua separada en el tanque desnatador es tratada, mientras que el hidrocarburo recuperado es enviado al separador de producción a través de la bomba.

Para alimentar al sistema de gas de instrumentos y gas de utilidades/combustible, parte del gas de salida de los separadores de producción y es enviado hacia el depurador de gas combustible y al filtro de gas combustible para su adecuación y abastecimiento a los distintos

consumos de la plataforma. (PetroamazonasEP, Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6, 2016)

### 2.1.2 Generalidades del Campo Amistad Bloque 6.

**TABLA 5 CONDICIONES DE LA PLATAFORMA AMISTAD**

| CONDICIONES DEL SITIO | |
|---|---|
| **TÍTULO** | **UNIDADES** |
| Presión atmosférica | 14,65 psia (757.4 mmHg) |
| Altura sobre el nivel del mar | 65,62 ft (20 msnm) |
| Temperatura ambiente máxima | 100°F |
| Temperatura ambiente mínima | 59°F |
| Humedad relativa media anual | 84% |
| Precipitación media anual | 0,66 a 2,3 ft (200 a 700 mm) |
| Zona Sísmica (CEC) | 0,3 |
| Ola Altura máxima<br>Tass | 10 ft<br>5,5 seg |
| Viento velocidad promedio, dirección Predominante | 23 ft/s, NE |
| Corriente Vs<br>Vb | 6 ft/s<br>1,5 ft/s |
| Marea Máx.<br>Min | +7 ft<br>-4 ft |
| Temperatura del Mar | 24°C - 27 °C |

**Fuente:** Petroamazonas EP

## 2.3 Proceso de la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto Petroamazonas EP.

La Planta Deshidratadora está encargada de procesar Gas Natural y dejarlo en parámetros de comercialización. Parámetros tales como

remoción de agua de condensados e impurezas. (PetroamazonasEP, Proceso de la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto, 2016)

Este proceso además implica control de la presión de despacho mediante reguladores de presión.

Clientes actuales:

- Termogas Machala (CELEC EP)
- Planta GNL (EP PETROECUADOR).
- Comunidad de Tendales – Barbones

### 2.3.1 Detalle del Proceso de la Planta Deshidratadora de Gas Natural.

#### 2.3.1.1 Incoming Pipeline

En esta sección se encuentra una válvula de apagado SDV-9121, así como de válvulas de bola que controlan el ingreso de gas a la planta y el recibidor del Pig.

#### 2.3.1.2 Slug Catcher

Es un separador horizontal a presión, recoge los fluidos provenientes de plataforma Amistad, en flujo normal de entrega y en la corrida del polly pig. Los líquidos son depositados en la parte inferior del Vessel. Dimensionado para 170 bbls a 750 psig y 80°F. Capacidad de proceso 80 MMSCFD de gas.

#### 2.3.1.3 Flash Separador

Es un separador atmosférico, recolecta los fluidos transferidos del Slug Catcher y el remanente de gas es direccionado hacia la TEA.

Diseñado para manejar aproximadamente 559 barriles y su presión de diseño es de 75 psig a 100°F.

#### 2.3.1.4 Compensadores de Presión

Existen 10 acumuladores compensadoras de presión de 962 pies cúbicos cada una, están conectadas a la línea principal de 10”.

Se ubican entre el separador Slug Catcher, torres de deshidratación y toma de Gas para la Planta GNL y Vesubio.

#### 2.3.1.5 Proceso de Deshidratación del Gas

El gas húmedo luego de pasar por el slug catcher, es enviado al proceso de deshidratación, ingresando por las torres contactoras de glicol, con una temperatura de 75-80°F y una presión de 575 - 650 PSI.

Los parámetros de trabajo dependen de las condiciones presentadas en el incoming de planta.

#### 2.3.1.6 Válvula PCV Fisher 9011 (Válvula Controladora De Presión)

El gas seco que pasa por la torre contactora requiere bajar la presión a 410 psig aguas abajo, (Presión que requiere CELEC).

El cambio brusco de presión disminuye la temperatura a 55 °F lo que da lugar a la formación de hidratos.

#### 2.3.1.7 Filtro Separador Mak 2800 Y 2810

Acoge los fluidos formados por el diferencial de presión y estos son bombeados a los tanques ABJ 3010 Y 3020.

#### 2.3.1.8 Calentador (Line Heater 1900 Y 1930)

Consta de flamas internas, líneas de serpentín inundadas de agua desmineralizada, la temperatura de operación es de 150 °F su función es calentar el gas de 55°F a 110 °F.

El control de temperatura la realiza una válvula TCV; cuando el gas pasa los 110 °F se abre para dejar paso al gas frio.

#### 2.3.1.9 Tanques de Almacenamiento

Dos tanques de almacenamiento con una capacidad nominal de 1500 barriles. Su función es almacenar los fluidos producto del proceso.

### 2.3.2 Hidrocarburo Condensado

Los Hidrocarburos Condensados (Hydrocarbon Condensate, HCC) es un subproducto en la producción de gas natural, offshore[7] y onshore[8] (LEWA, 2016)

El Hidrocarburo Condensado tiene baja presión de vapor y se los utiliza principalmente como insumos de refinería.

[7] Extracción de Gas Natural alejado de la costa o mar adentro.
[8] Extracción de Gas Natural en tierra firme

El condensado de Gas Natural es una mezcla de hidrocarburos líquidos de escasa densidad. Éstos están presentes en estado gaseoso en la corriente de gas al salir del pozo de producción en el yacimiento, pero que luego, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura existentes en las instalaciones de producción, condensan, ocasionando una corriente líquida. (ITT, 2012)

### 2.3.3 Formación del Hidrocarburo Condensado

Formación del condensado cuando la presión de fondo de pozo cae por debajo del punto de rocío, el condensado se separa de la fase gaseosa. Luego de un breve período transitorio, la región alcanza una condición de flujo en estado estacionario con el gas y el condensado fluyendo. La saturación de condensado, es mayor cerca del pozo porque la presión es más baja, lo que implica más condensación de líquido. La permeabilidad relativa al petróleo aumenta con la saturación. La reducción de la permeabilidad relativa al gas cerca del pozo, ilustra el efecto de la formación del Condensado. El eje vertical, representado por un pozo, es sólo esquemático.

## 2.4 Estudios Realizados al Hidrocarburo Condensado

El Área de Geoquímica Orgánica procedió a realizar la caracterización de 2 muestras de  crudos del Campo Amistad.

**TABLA 6 DATOS DE LAS MUESTRAS DE CRUDO**

| CODIGO CIG | CODIGO CLIENTE |
|---|---|
| CIG-023-2014-1 | TK 3010 |
| CIG-023-2014-2 | TK 3020 |

Fuente: Petroamazonas EP

### 2.4.1 Metodología, Materiales Y Equipos Utilizados

#### 2.4.1.1 Gravedad API

Para la determinación de la Gravedad API se aplicó el método ASTM D-1298 12b de acuerdo al procedimiento técnico PAM-EP-GYE-EXP-10-PRC-017-00, empleando hidrómetros de vidrio graduados a 60 °F. (Área de Geoquímica Orgánica , 2014)

#### 2.4.1.2 Contenido de Azufre (% S)

Se aplicó el método ASTM D-4294 – 10 de acuerdo al procedimiento técnico PAM-EP-GYE-EXP-10-PRC-018-00. El equipo Analizador de Azufre Oxford LAB-XL, es usado para medir la cantidad de azufre en muestras de crudo, expresado en porcentaje en peso. El instrumento es validado con una serie de estándares que cubren el rango normal de los valores de azufre encontrados en los crudos. (Área de Geoquímica Orgánica , 2014)

#### 2.4.1.3 Cromatografía Líquida SARA

El crudo es separado en las fracciones componentes de: saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos, lo cual se realiza en una columna abierta de vidrio, usando sílica gel activada como adsorbente, heptano, hexano, mezcla hexano-tolueno y mezcla tolueno-metanol-diclorometano, para diluir las diferentes fracciones respectivamente. La muestra es pesada inicialmente y cuantificada al final del análisis por gravimetría. Los resultados son dados en porcentaje en peso. (Área de Geoquímica Orgánica , 2014)

#### 2.4.1.4 Cromatografía de Gases con Espectrometría de Masas (GC-MS)

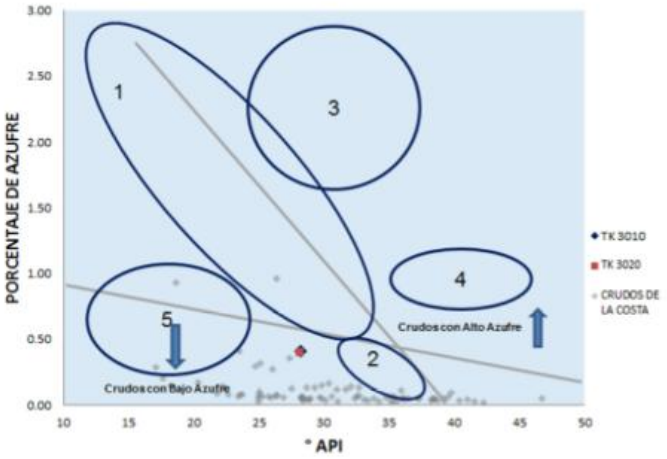
La fracción de hidrocarburo saturado obtenido a partir del crudo fue analizada en un cromatógrafo de gas Agilent modelo 7890A acoplado a un espectrómetro de masas Agilent modelo 5975C. Se empleó una columna DB1HS de 60 m. de longitud y se utilizó helio como gas de arrastre. El modo de detección utilizado fue SIM (Monitoreo selectivo de Iones), para la detección de los iones de M/Z 191 y M/Z 217. Los datos de los espectros de masas fueron obtenidos y procesados utilizando el software MSD Chem Station propio del equipo. (Área de Geoquímica Orgánica , 2014)

**TABLA 7 DETERMINACIÓN DE API Y PORCENTAJE DE AZUFRE**

| CODIGO CLIENTE | CODIGO CIG | °API | AZUFRE (%) |
|---|---|---|---|
| TK 3010 | CIG-023-2014-1 | 28.28 | 0.406 |
| TK 3020 | CIG-023-2014-2 | 28.12 | 0.407 |

**Fuente:** Petroamazonas EP

**GRÁFICO 4 RELACIÓN ºAPI VS. PORCENTAJE DE AZUFRE (BASE DE DATOS DE LOS CRUDOS DE LA COSTA ECUATORIANA) (AFTER K. LE TRAN)**




**Fuente:** Petroamazonas EP

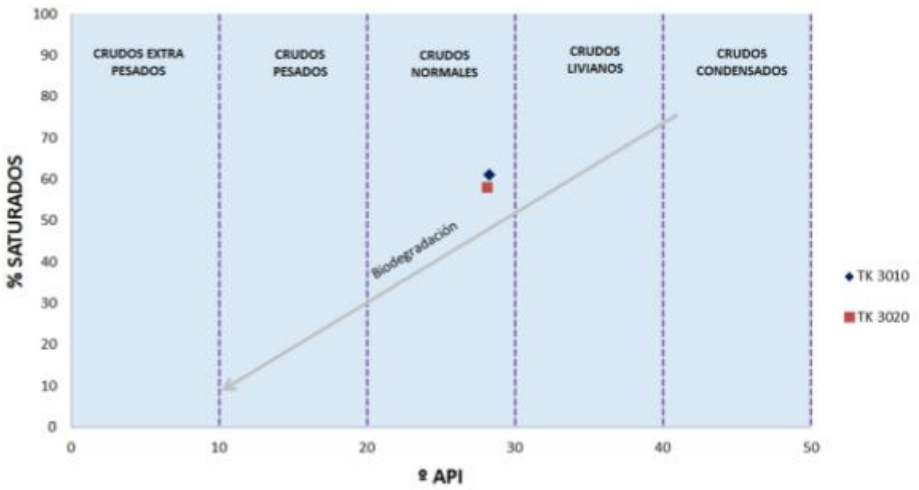
A los crudos se les realizó la cromatografía líquida SARA Gráfico 4, para conocer el porcentaje de sus componentes saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos. (Área de Geoquímica Orgánica , 2014).

**TABLA 8 CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA SARA (POLARES=RES+ASF)**

| CODIGO CLIENTE | SAT. (%) | ARO. (%) | RES. (%) | ASF. (%) | POLARES (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| TK 3010 | 61 | 23 | 12 | 3 | 16 |
| TK 3020 | 58 | 27 | 12 | 3 | 15 |

**Fuente:** Petroamazonas EP

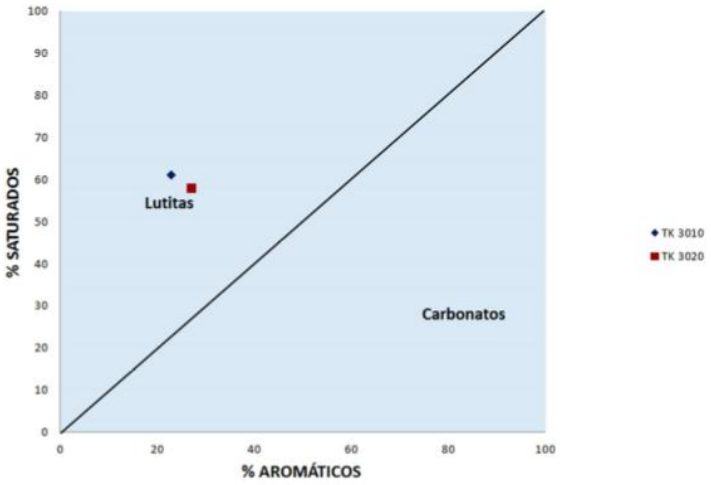
**GRÁFICO 5 CLASIFICACIÓN DE CRUDOS SEGÚN °API (B.P. TISSOT Y D.H. WELTE., 1984)**




**Fuente:** Petroamazonas EP

La Gráfico 5 representa la clasificación de los crudos, de acuerdo a los °API, relacionándolos con el porcentaje de saturados según la clasificación de Tissot and Welte, 1984.

**GRÁFICO 6 FRACCIÓN AROMÁTICA VS. FRACCIÓN SATURADA (TISSOT AND WELTE, 1984)**

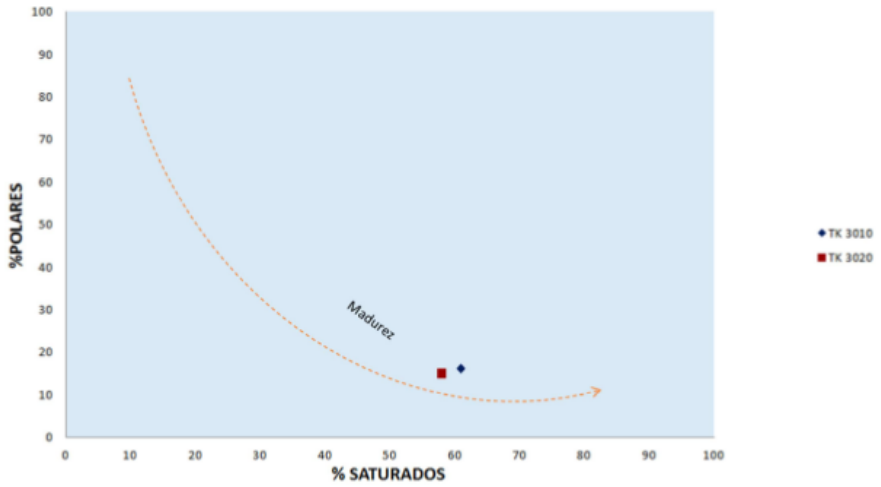



**Fuente:** Petroamazonas EP

En la Gráfico 6 se ha graficado los datos de las fracciones saturadas y aromáticas, se observa que los crudos del Campo Amistad tienen influencia de roca tipo silicicoclástica, lutita en su origen.

En la Gráfico 7 se muestra una representación gráfica del porcentaje de componentes más pesados (%Polares) con respecto al porcentaje de la fracción saturada, en relación con el nivel de madurez.

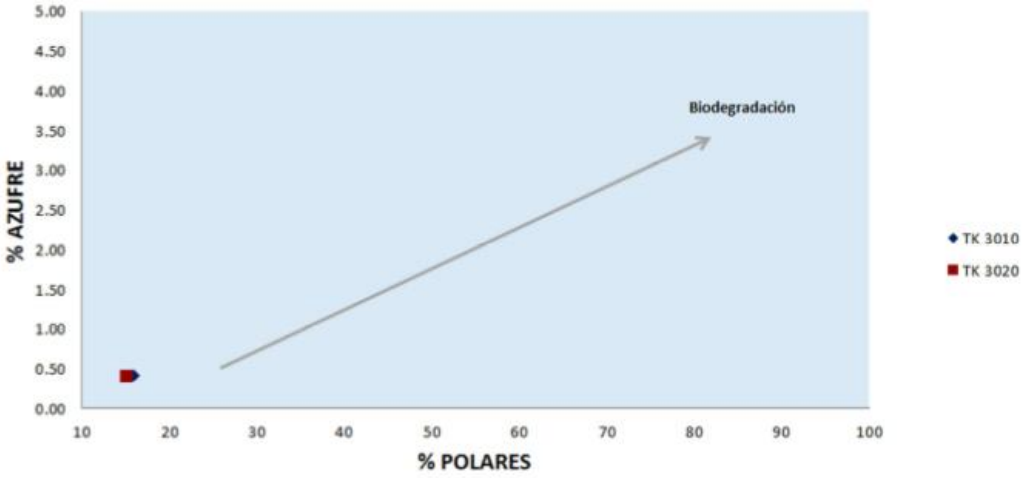
**GRÁFICO 7 FRACCIÓN SATURADA VS. FRACCIÓN POLAR (TISSOT AND WELTE, 1984)**




**Fuente:** Petroamazonas EP

La relación porcentaje de azufre vs % Polares (resinas y asfaltenos) está representada en la Gráfico 8 Ésta es un indicador de la calidad del crudo, a menor porcentaje de azufre y menor porcentaje de Polares, mejor es la calidad del crudo. (Área de Geoquímica Orgánica , 2014)

**GRÁFICO 8 RELACIÓN PORCENTAJE DE POLARES VS. PORCENTAJE DE AZUFRE (TISSOT AND WELTE, 1984).**




**Fuente:** Petroamazonas EP

## 2.5 Diesel

### 2.5.1 Definición de diesel

También llamado gasoil, es un combustible derivado del petróleo y está compuesto aproximadamente de un 75% de hidrocarburos saturados (parafinas, isoparafinas y cicloparafinas) y un 25% de hidrocarburos aromáticos. (RÍOS, 2009).

La fórmula química general del diesel se puede representar como C12H23, con intervalos de carbonos que van desde C10-C21.

Este líquido de color blanco o verdoso es utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción. (RÍOS, 2009).

### 2.5.2 Proceso de obtención del diesel

El diesel es obtenido en las refinerías a partir de petróleo por medio de una operación unitaria llamada destilación, el mismo que es separado en diferentes fracciones de acuerdo a su temperatura de ebullición y peso molecular. El diesel y sus fracciones se obtienen en un rango de temperatura entre 215°C a 338°C. (RÍOS, 2009).

### 2.5.3 Especificaciones para el diesel

De acuerdo a la norma técnica emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), NTE INEN 1489:2012, que establece los requisitos que deben cumplir el Diesel que se comercializa en el Ecuador. (RÍOS, 2009).

### 2.5.4 Diesel a nivel mundial

La constante amenaza de agotamiento del petróleo unido a la necesidad de energías más limpias ha dado un impulso mundial al uso de otras fuentes de energía y biocombustibles. Si bien a nivel mundial se está avanzando a pasos acelerados, aún se está lejos de eliminar la dependencia de los combustibles fósiles. (RÍOS, 2009)

Tras los últimos cuarenta años, el uso de combustibles fósiles ha continuado creciendo y su participación en el suministro energético se ha incrementado. (RÍOS, 2009)

Según la Organización de Países Exportadores de Petróleo en su Perspectiva Petrolera Mundial 2009, la demanda mundial de combustible destilado intermedio, principalmente diesel, crecerá más rápido que cualquier otro producto refinado de petróleo hacia el 2030. (RÍOS, 2009)

A nivel global, la flota de autos está cambiando a diesel desde gasolina y el aumento del crecimiento de la demanda de destilados intermedios abarcará cerca del 60% de un incremento previsto de 20 millones de barriles por día (bpd) de la demanda mundial de petróleo en el 2030, precisó la OPEP.[9] (RÍOS, 2009)

### 2.5.5 Diesel en Ecuador

Ecuador tiene una política de subsidios a los combustibles fósiles y un elevado nivel de dependencia petrolera.

La Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP-EP Petroecuador gestiona el sector hidrocarburífero en el alcance nacional, la misma que a

[9] Organización de Países Exportadores de Petróleo

partir del 5 de Enero de 2012 empezó a comercializar Diesel 2 de hasta 500 ppm de contenido de azufre en lugar del Diesel 2 de hasta 7000 ppm que se despachaba anteriormente, esto con respecto a una primera etapa del cumplimiento del Plan de Mejoramiento de la Calidad de Combustibles impulsado por el Gobierno Nacional

Según estadísticas del Banco Central, los subsidios a los combustibles sumaron USD 3 900 millones, de los cuales las gasolinas súper y extra representaron el 35%, el Diesel el 51% y el gas de uso doméstico el restante 14%.

## 2.6 Motor a Diesel.

### 2.6.1 Definición de motor diesel

El motor Diesel, llamado también motor de ignición por compresión recibe su nombre por el doctor Rudolf Diesel quien patento un motor del tipo de ignición por compresión en Alemania en 1893. Es un motor de combustión interna, es decir, la combustión tiene lugar dentro del motor. En sus aspectos básicos es similar en diseño y construcción a un motor de gasolina, que también es de combustión interna. Sin embargo, en el motor Diesel hay diferencias en el método de hacer llegar el combustible a los cilindros del motor y en la forma en que ocurre la combustión. (Aprendiendo Mecánica Diesel, 2009).

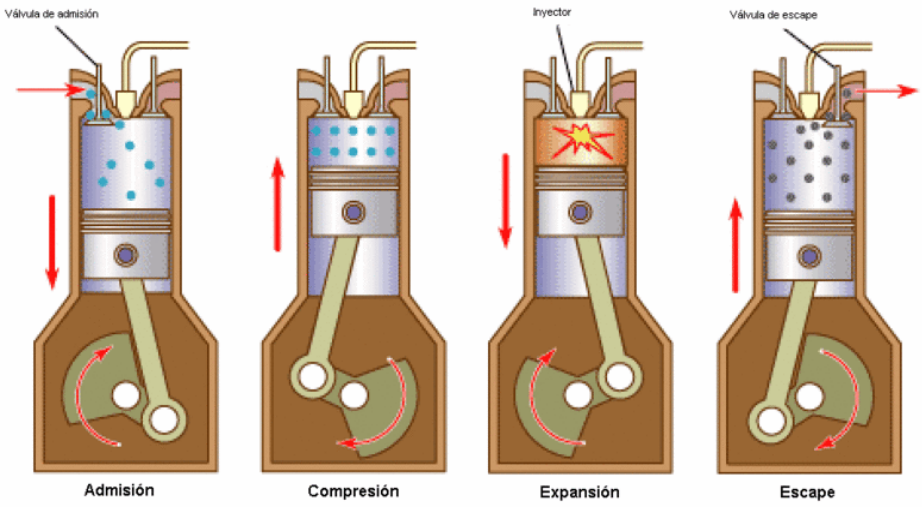
El nombre de ignición por compresión se relaciona con el modo de funcionamiento del motor. Los motores Diesel se diseñan con relaciones de compresión muy altas, que producen presiones elevadas y por tanto,

temperaturas muy altas en el aire que se comprime en las cámaras de combustión del motor. Estas temperaturas son lo bastante altas para hacer que se inflame el combustible que en forma de chorro de rocío es atomizado en la cámara de combustión. Por ello, se verá que la compresión ocasiona la ignición y por tanto a estos motores se les conoce como de ignición por compresión. Sin embargo, se ha utilizado el nombre de Diesel para los motores de ignición por compresión desde hace tantos años y es de uso generalizado. (Aprendiendo Mecánica Diesel, 2009)

### 2.6.2 Funcionamiento del motor diesel

El funcionamiento de este tipo de motor se muestra en el Gráfico 9 y consiste en lo siguiente:

**GRÁFICO 9 FUNCIONAMIENTO MOTOR DIESEL CUATRO TIEMPOS**




**Fuente:** Aprendiendo Mecánica Diesel,2009.

- El proceso de compresión en el motor comienza cuando el pistón está en el punto muerto inferior y empieza su carrera de ascenso comprimiendo el aire contenido en el cilindro. (Motores Ciclo Diesel, 2010)

- El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde unos orificios muy pequeños que presenta el inyector de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. (Motores Ciclo Diesel, 2010)
- La mezcla se inflama muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. (Motores Ciclo Diesel, 2010)
- Esta expansión provoca que la biela transmita un movimiento rotativo al cigüeñal. (Motores Ciclo Diesel, 2010)

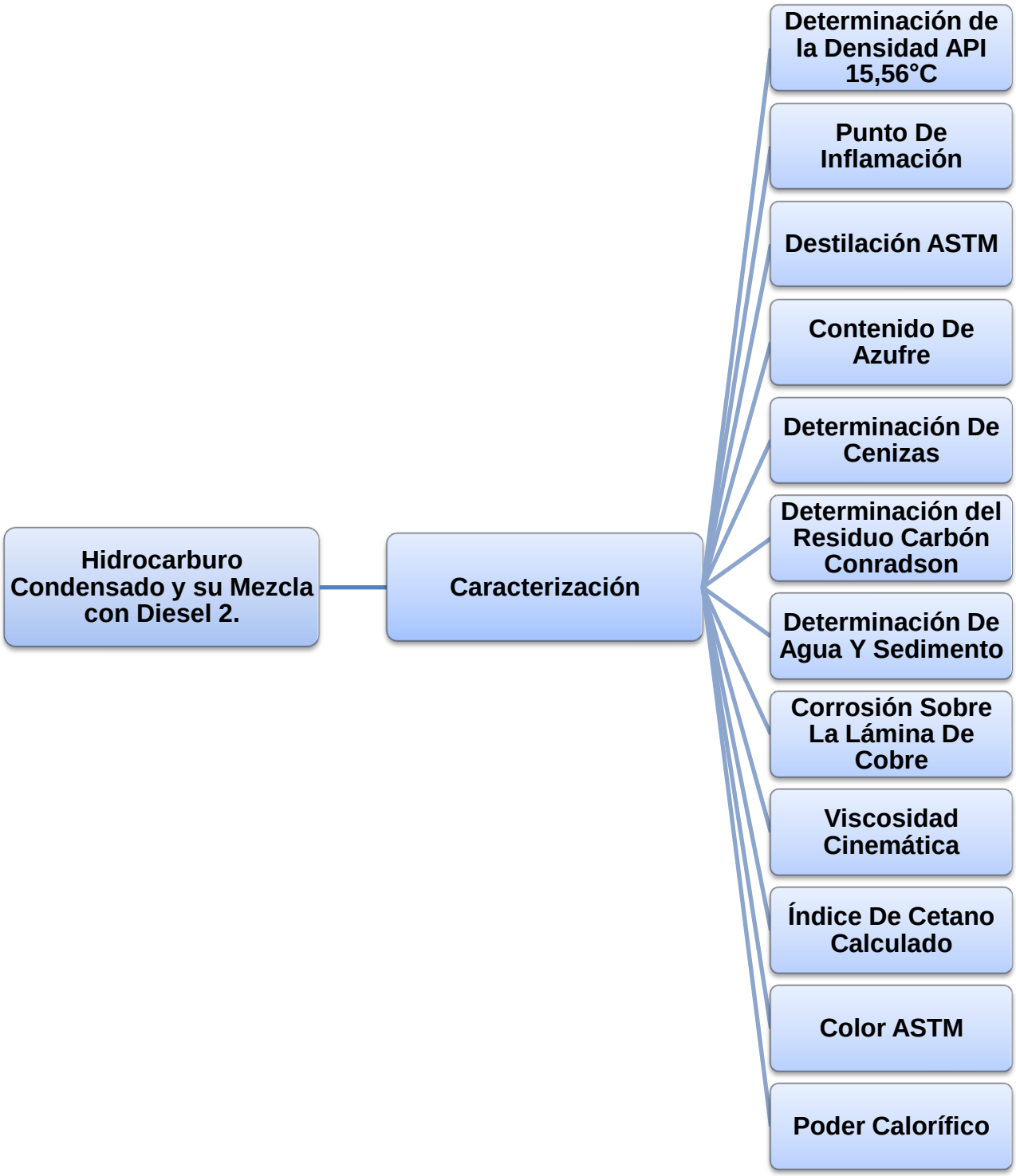
# CAPÍTULO III

## 3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 3.1 Diseño Experimental

Para la respectiva caracterización del Hidrocarburo Condensado se tomo las muestras en la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto, para poder predecir si el Hidrocarburo Condensado se encuentra dentro de la familia de Gasolina o Diesel. Se realizó los análisis de ensayos del Hidrocarburo Condensado y de las mezclas en las proporciones de 10, 25, 30, 50, 70, 90% de Hidrocarburo Condensado con Diesel 2. El diseño experimental se desarrollo de acuerdo al siguiente procedimiento:

**GRÁFICO 10 ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL HIDROCARBURO CONDENSADO Y SU MEZCLA CON DIESEL2**




**Elaborado por:** Katherine Carrera

## 3.2 Metodología de la investigación

### 3.2.1 Tipo de enfoques metodológico

El enfoque metodológico del trabajo de titulación es de tipo cualitativo, ya que a través de ensayos numéricos se pretende conocer la calidad del Hidrocarburo Condensado y su variable al adicionarle Diesel 2, con la finalidad de comprobar la hipótesis establecida de que el Condensado producido puede ser utilizado como combustible en el Campo Amistad Bloque 6. La metodología del trabajo de titulación es de tipo experimental, siguiendo métodos estandarizados y registrando las variables obtenidas.

### 3.2.2 Caracterización de la muestra

Consiste en determinar las propiedades Físico Química del combustible y de los diferentes porcentajes adicionados, las mismas que debe cumplir con las especificaciones establecidas en la norma.

Para evaluar las características del Hidrocarburo Condensado y de la mezcla Hidrocarburo Condensado con Diesel 2 se deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN 1489:2012 (INEN, Productos Derivados del Petróleo Diesel Requisitos)

### 3.2.3 Normas

A continuación se mencionan las normativas aplicadas a los diferentes métodos de ensayos realizados al Hidrocarburo Condensado y su mezcla con Diesel 2.

**TABLA 9 NORMAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS**

| Parámetros | Métodos de Ensayo | |
|---|---|---|
| | ASTM | NTE |
| **Determinación de Densidad API 15,56°C** | D-6822 | INEN 2319 |
| **Gravedad Especifica 15,56/15,56°C** | D-6822 | INEN 2319 |
| **Punto De Inflamación** | D-93 | INEN 1493 |
| **Destilación ASTM** | D-86 | INEN 926 |
| **Contenido De Azufre** | D-4294 | |
| **Determinación De Cenizas** | | INEN 1492 |
| **Deterinación del Residuo Carbón Conradson** | | INEN 1491 |
| **Contenido De Agua Y Sedimento** | D-95 | INEN 1494 |
| **Corrosión sobre La Lámina De Cobre** | D-130 | INEN 927 |
| **Viscosidad Cinemática** | D-445 | INEN 810 |
| **Índice De Cetano Calculado** | D-976 | INEN 1495 |
| **Color ASTM** | D-1500 | |
| **Poder Calorífico** | D-240 | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Fuente:** Normas ASTM, NTE INEN

## 3.3 Calidad del producto

### 3.3.1 Clasificación del Hidrocarburo Condensado en función de su calidad.

El Hidrocarburo Condensado de acuerdo al resultado obtenido en la densidad API, determinando su contenido de azufre, y posteriormente siendo destilado se lo puede clasificar en la familia de DIESEL y al seguir realizando los diferentes análisis se pudo notar que es factible realizar la mezcla con el DIESEL 2.

**TABLA 10 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HIDROCARBURO CONDENSADO EN BASE A LA NORMATIVA NTE INEN 1489:2012**

| Parámetros | Muestra TK3010 | Muestra TK3020 | Unidad | Cumplimiento de acuerdo a la normativa NTE INEN 1489:2012 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Diesel N. 1 | | Diesel N. 2 | | Diesel Premium | |
| | | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Densidad API 15,56°C | 27 | 27 | | Rango de 25-40 | | | | | |
| Gravedad Especifica 15,56/15,56°C | 0.8927 | 0.8927 | | | | | | | |
| Punto De Inflamación | 45 | 42 | °C | 40 | | 51 | | 51 | |
| Destilación ASTM | | | | | | | | | |
| P.I,E | 155 °C | 162°C | °C | | | | | | |
| 10% | 190 °C | 188°C | °C | | | | | | |
| 50% | 234 °C | 237°C | °C | | | | | | |
| 90% | 324 °C | 329°C | °C | | 288 | | 360 | | 360 |
| P.F.E | 365 °C | 350°C | °C | | | | | | |
| Contenido De Azufre | 0.458% | 0.518% | % | | 0.3 | | 0.7 | | 0.05 |
| Contenido De Cenizas | 0% | 0% | % | | 0.1 | | 0.1 | | 0.1 |
| Carbón Conradson | 0.05% | 0.05% | % | | 0.15 | | 0.15 | | 0.15 |
| Contenido De Agua Y Sedimento | 0 | 0 | % | | 0.05 | | 0.05 | | 0.05 |
| Viscosidad Cinemática | 2.0410 | 2.0724 | cst | 1.3 | 3 | 2.5 | 6 | 2.5 | 6 |
| Indice de cetano calculado | 26.2 | 27.1 | | 40 | | 45 | | 45 | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

### 3.3.2 Requisitos de Acuerdo a la Norma NTE INEN 1489:2012

**TABLA 11 REQUISITOS DEL DIESEL No.1**

| Requisitos | Unidad | Mínimo | Máximo | Método de ensayo |
|---|---|---|---|---|
| Punto de inflamación | °C | 40 | - | NTE INEN 1493 Procedimiento A |
| $\varphi$ Contenido de agua y sedimento | % | - | 0,05 | NTE INEN 1494 |
| W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación | % | - | 0,15 | NTE INEN 1491 |
| W contenido de cenizas | % | - | 0,01 | NTE INEN 1492 |
| Temperatura de destilación del 90% | °C | - | 288 | NTE INEN 926 |
| Viscosidad cinemática a 37,8°C | cSt | 1,3 | 3,0 | NTE INEN 810 |
| W contenido de azufre | % | - | 0,3 | ASTM 4294 |
| Corrosión a la lámina de cobre | Clasificación | - | No. 2 | NTE INEN 927 |
| Índice de cetano calculado | - | 40 | -- | NTE INEN 1495 |

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012

**TABLA 12 REQUISITOS DEL DIESEL No.2**

| Requisitos | Unidad | Mínimo | Máximo | Método de ensayo |
|---|---|---|---|---|
| Punto de inflamación | °C | 51 | - | NTE INEN 1493 Procedimiento A |
| $\varphi$ Contenido de agua y sedimento | % | - | 0,05 | NTE INEN 1494 |
| W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación | % | - | 0,15 | NTE INEN 1491 |
| W contenido de cenizas | % | - | 0,01 | NTE INEN 1492 |
| Temperatura de destilación del 90% | °C | - | 360 | NTE INEN 926 |
| Viscosidad cinemática a 40°C | $mm^2/s$ | 2,0 | 5,0 | NTE INEN 810 |
| W contenido de azufre | % | - | 0,7 | ASTM D4294 NTE INEN 1490 |
| Corrosión a la lámina de cobre | Clasificación | - | No.3 | NTE INEN 927 |
| Índice de cetano calculado | - | 45 | - | NTE INEN 1495 |
| Contendido de biodiésel, $\varphi_{Biodiésel}$ | % | --- Nota | 5 | EN 14078 |
| NOTA: De no contener biodiesel, no es necesario la realización de este ensayo. | | | | |

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012

**TABLA 13 REQUISITOS DEL DIESEL PREMIUM**

| REQUISITOS | Unidad | mínimo | máximo | Método de ensayo |
|---|---|---|---|---|
| Punto de Inflamación | °C | 51,0 | - | NTE INEN 1493 Procedimiento A |
| $\varphi$ Contenido de agua y sedimento | % | - | 0,05 | NTE INEN 1494 |
| W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% de residuo de destilación | % | - | 0,15 | NTE INEN 1494 |
| W Contenido de cenizas | % | | 0,01 | NTE INEN 1492 |
| Temperatura de destilación del 90% | °C | - | 360 | NTE INEN 926 |
| Viscosidad cinemática a 40°C | $mm^2/s$ | 2,0 | 5,0 | NTE INEN 810 |
| Contenido de azufre | ppm | - | 500 | ASTM 4294 NTE INEN 1490 |
| Corrosión a la lámina de cobre | Clasificación | | No.3 | NTE INEN 927 |
| Índice de cetano | - | 45,0 | - | NTE INEN 1495 |
| Contenido de biodiésel, $\varphi_{Biodiesel}$ * | % | 5 | 10 | EN 14078 |
| * Se debe considerar este parámetro siempre y cuando el diesel esté adicionado con biodiesel | | | | |

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012

### 3.4 Ensayos de caracterización

Para la caracterización de los combustibles se consideró conveniente determinar propiedades como: Determinación de la Densidad API, Punto De Inflamación, Destilación ASTM, Contenido de Azufre, Determinación de cenizas, Determinación de Residuo Carbón Conradson, Determinación de agua y sedimento, Corrosión sobre La Lámina De Cobre, Viscosidad Cinemática, Índice De Cetano Calculado, Color ASTM, Poder Calorífico. Los métodos de ensayo se determinan siguiendo los procedimientos estandarizados por las normas ASTM[10] e INEN[11].

[10] ASTM: American Society for Testing and Materials.

[11] INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

### 3.4.1 Determinación de la Densidad API.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-6822 (Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Thermohydrometer Method) NTE INEN 2319. (Productos derivados del Petróleo, Determinación de la Densidad API)

#### 3.4.1.1 Resultado Experimental Determinación de la Densidad API para las muestras Hidrocarburo Condensado-Diesel 2.

**TABLA 14 DENSIDAD API**

| MUESTRA | DENSIDAD API | TEMPERATURA |
|---|---|---|
| HC* | 28.5 | 82 °F |
| 10% HC/D2* | 38.8 | 80.6 °F |
| 25% HC/D2* | 35.8 | 84 °F |
| 30% HC/D2* | 36.3 | 80.6 °F |
| 50% HC/D2* | 34 | 80.6 °F |
| 70% HC/D2* | 31.8 | 80.6 °F |
| 90% HC/D2* | 29.8 | 82 °F |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

## TABLA 15 RELACIÓN DENSIDAD API CON GRAVEDAD ESPECÍFICA

| MUESTRA | DENSIDAD API CORREGIDA | GRAVEDAD ESPECIFICA | NTE INEN 1489:2012 Rango 25-40 |
|---|---|---|---|
| HC* | 27 | 0,8927 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 37,1 | 0.8393 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 34 | 0.855 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 34.7 | 0.8514 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 32.5 | 0.8628 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 30.3 | 0.8745 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 28.2 | 0.886 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

## TABLA 16 DENSIDAD API

| MUESTRA | DENSIDAD API | TEMPERATURA |
|---|---|---|
| HC* | 28.5 | 78 °F |
| 10% HC/D2* | 38.7 | 76 °F |
| 25% HC/D2* | 36.5 | 78 °F |
| 30% HC/D2* | 36 | 76 °F |
| 50% HC/D2* | 33.9 | 76 °F |
| 70% HC/D2* | 31.4 | 76 °F |
| 90% HC/D2* | 29.5 | 78 °F |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

**TABLA 17 RELACIÓN DENSIDAD API CON GRAVEDAD ESPECÍFICA**

| MUESTRA | DENSIDAD API CORREGIDA | GRAVEDAD ESPECIFICA | NTE INEN 1489:2012 Rango 25-40 |
|---|---|---|---|
| HC* | 27.3 | 0,8911 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 37,4 | 0,8378 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 35.1 | 0.8493 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 34.8 | 0.8509 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 32.7 | 0.8618 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 30.2 | 0.8751 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 28.3 | 0.8855 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.2 Destilación ASTM.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-86 (ASTM, Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure) NTE INEN 926 (INEN, Productos de Petróleo Ensayo de Destilación).

### 3.4.2.1 Resultado Experimental de la Destilación ASTM para la muestra Hidrocarburo Condensado-Diesel 2.

**TABLA 18 DATOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN ASTM**

| MUESTRA | Muestra HC* °C | Muestra 10% HC/D2* °C | Muestra 25% HC/D2* °C | Muestra 30% HC/D2* °C | Muestra 50% HC/D2* °C | Muestra 70% HC/D2* °C | Muestra 90% HC/D2* °C | NTE INEN 1489:2012 Máx. 90% 360 °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PIE | 155 | 170 | 160 | 163 | 160 | 159 | 150 | Si cumple |
| 10 ml | 190 | 204 | 199 | 194 | 194 | 189 | 184 | |
| 20 ml | 202 | 222 | 220 | 212 | 206 | 209 | 202 | |
| 30 ml | 204 | 236 | 239 | 227 | 222 | 223 | 215 | |
| 40 ml | 223 | 249 | 252 | 240 | 234 | 235 | 226 | |
| 50 ml | 234 | 263 | 266 | 255 | 249 | 247 | 237 | |
| 60 ml | 246 | 278 | 270 | 269 | 262 | 260 | 248 | |
| 70 ml | 259 | 294 | 294 | 281 | 279 | 275 | 264 | |
| 80 ml | 282 | 312 | 308 | 306 | 298 | 298 | 282 | |
| 90 ml | 324 | 334 | 329 | 332 | 326 | 324 | 312 | |
| PFE | 365 | 358 | 355 | 359 | 357 | 352 | 352 | |

*HC: Hidrocarburo Condensado.
*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 19 DATOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN ASTM**

| MUESTRA | Muestra HC* °C | Muestra 10% HC/D2* °C | Muestra 25% HC/D2* °C | Muestra 30% HC/D2* °C | Muestra 50% HC/D2* °C | Muestra 70% HC/D2* °C | Muestra 90% HC/D2* °C | NTE INEN 1489:2012 Máx. 90% 360 °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PIE | 162 | 160 | 162 | 163 | 154 | 153 | 149 | Si cumple |
| 10 ml | 188 | 197 | 197 | 192 | 190 | 186 | 187 | |
| 20 ml | 205 | 213 | 210 | 210 | 209 | 204 | 202 | |
| 30 ml | 213 | 229 | 230 | 225 | 221 | 228 | 214 | |
| 40 ml | 220 | 243 | 239 | 239 | 234 | 230 | 227 | |
| 50 ml | 237 | 257 | 258 | 252 | 249 | 242 | 238 | |
| 60 ml | 248 | 274 | 273 | 268 | 264 | 251 | 250 | |
| 70 ml | 264 | 291 | 287 | 286 | 280 | 272 | 264 | |
| 80 ml | 284 | 310 | 304 | 307 | 299 | 293 | 282 | |
| 90 ml | 329 | 334 | 326 | 332 | 327 | 320 | 313 | |
| PFE | 350 | 361 | 357 | 355 | 338 | 348 | 348 | |

*HC: Hidrocarburo Condensado.
*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.3 Corrosión sobre la lámina de Cobre.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-130 (ASTM, Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test) NTE INEN 927 (INEN, Productos de Petróleo Determinación de la corrosión sobre la lámina de cobre)

#### 3.4.3.1 Resultado Ensayo Corrosión sobre la lámina de cobre.

**TABLA 20 RESULTADO ENSAYO CORROSIÓN SOBRE LA LÁMINA DE COBRE**

| Muestra | Resultado | NTE INEN 1489:2012 Clasficación Máx. No.3 |
|---|---|---|
| HC* | 1ª | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 1ª | |
| 25% HC/D2* | 1ª | |
| 30% HC/D2* | 1ª | |
| 50% HC/D2* | 1ª | |
| 70% HC/D2* | 1ª | |
| 90% HC/D2* | 1ª | |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 21 RESULTADO ENSAYO CORROSIÓN SOBRE LA LÁMINA DE COBRE**

| Muestra | Resultado | NTE INEN 1489:2012 Cladificación Máx. No.3 |
|---|---|---|
| HC* | 1ª | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 1ª | |
| 25% HC/D2* | 1ª | |
| 30% HC/D2* | 1ª | |
| 50% HC/D2* | 1ª | |
| 70% HC/D2* | 1ª | |
| 90% HC/D2* | 1ª | |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.4 Punto de Inflamación.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-93 (ASTM, Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester) NTE INEN 1493 (INEN, Determinación Del Punto De Inflamación En Vaso Cerrado (Penskymartens).)

#### 3.4.4.1 Resultado Experimental Punto de Inflamación.

**TABLA 22 RESULTADO EXPERIMENTAL PUNTO DE INFLAMACIÓN**

| Muestra | Temperatura °C | NTE INEN 1489:2012 Min. 51 |
|---|---|---|
| HC* | 45 °C | No cumple |
| 10% HC/D2* | 57 °C | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 55 °C | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 52 °C | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 50 °C | No cumple |
| 70% HC/D2* | 49 °C | No cumple |
| 90% HC/D2* | 47 °C | No cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 23 RESULTADO EXPERIMENTAL PUNTO DE INFLAMACIÓN**

| Muestra | Temperatura °C | NTE INEN 1489:2012 Min. 51 |
|---|---|---|
| HC* | 42 °C | No cumple |
| 10% HC/D2* | 56 °C | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 54 °C | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 52 °C | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 49 °C | No cumple |
| 70% HC/D2* | 48 °C | No cumple |
| 90% HC/D2* | 46 °C | No cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.5 Viscosidad Cinemática.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-445 (ASTM, Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)) NTE INEN 810 (INEN, Productos De Petróleo. Determinación De La Viscosidad Cinemática Y Dinámica En Líquidos Transparentes Y Opacos)

#### 3.4.5.1 Constantes utilizadas Viscosidad Cinemática.

**TABLA 24 CONSTANTES DE LOS CAPILARES USADOS EN EL ENSAYO VISCOSIDAD CINEMÁTICA.**

| Capilar N°75 | Constante |
|---|---|
| Cannon V 90 | 0.008046 |
| Cannon T 40 | 0.008549 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 25 CONSTANTES DE LOS CAPILARES USADOS EN EL ENSAYO VISCOSIDAD CINEMÁTICA.**

| Capilar N°75 | Constante |
|---|---|
| Cannon T 197 | 0.008626 |
| Cannon T328 | 0.009021 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador- Terminal Pascuales

### 3.4.5.2 Resultado Experimental Viscosidad Cinemática.

**TABLA 26 RESULTADO EXPERIMENTAL VISCOSIDAD CINEMÁTICA**

| Muestras en el Viscosímetro | Viscosidad Cinemática (cSt) | NTE INEN 1489:2012 Rango 2-5 (cst) |
|---|---|---|
| HC* | 2.041 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 2.5602 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 2.7383 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 2.5097 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 2.3705 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 2.2625 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 2.0427 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 27 RESULTADO EXPERIMENTAL VISCOSIDAD CINEMÁTICA**

| Muestras en el Viscosímetro | Viscosidad Cinemática (cSt) | NTE INEN 1489:2012 Rango 2-5 (cst) |
|---|---|---|
| HC* | 2.0724 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 2.5862 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 2.5495 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 2.4529 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 2.3768 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 2.2429 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 2.1555 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador- Terminal Pascuales

### 3.4.6 Índice de Cetano Calculado.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-976 (ASTM, Standard Classification of Insulating Coatings for Electrical Steels by Composition, Relative Insulating Ability and Application) NTE INEN (INEN, Productos De Petróleo. Determinación Del Índice De Cetano Calculado)

#### 3.4.6.1 Datos Experimentales Índice de Cetano Calculado.

**TABLA 28 DATOS EXPERIMENTALES PARA EL ÍNDICE DE CETANO CALCULADO**

| Muestras | $T_{50\%}$ destilado | °API | $\rho_{15°C}$ |
|---|---|---|---|
| HC* | 234°C → 494.6 °F (M) | 27 (G) | 0,8927 g /cm$^3$ (D) |
| 10% HC/D2* | 263 | 37.1 | 0.8393 |
| 25% HC/D2* | 266 | 34 | 0.855 |
| 30% HC/D2* | 255 | 34.7 | 0.8514 |
| 50% HC/D2* | 249 | 32.5 | 0.8628 |
| 70% HC/D2* | 247 | 30.3 | 0.8745 |
| 90% HC/D2* | 237 | 28.2 | 0.886 |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil.

**TABLA 29 DATOS EXPERIMENTALES PARA EL ÍNDICE DE CETANO CALCULADO**

| Muestras | $T_{50\%}$ destilado | °API | $\rho_{15°C}$ |
|---|---|---|---|
| HC* | 237°C → 494.6 °F (M) | 27 (G) | 0,8927 g /cm$^3$ (D) |
| 10% HC/D2* | 257 | 37,4 | 0,8378 |
| 25% HC/D2* | 258 | 35.1 | 0.8493 |
| 30% HC/D2* | 252 | 34.8 | 0.8509 |
| 50% HC/D2* | 249 | 32.7 | 0.8618 |
| 70% HC/D2* | 242 | 30.2 | 0.8751 |
| 90% HC/D2* | 238 | 28.3 | 0.8855 |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.6.2 Resultado Experimental Índice de Cetano Calculado.

**TABLA 30 RESULTADO EXPERIMENTAL DEL ÍNDICE DE CETANO CALCULADO.**

| Muestras | IC | NTE INEN 1489:2012 Min.45 |
|---|---|---|
| HC* | 26.2 | No cumple |
| 10% HC/D2* | 49.9 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 45.4 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 44.0 | No cumple |
| 50% HC/D2* | 38.9 | No cumple |
| 70% HC/D2* | 34.9 | No cumple |
| 90% HC/D2* | 28.9 | No cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil.

**TABLA 31 RESULTADO EXPERIMENTAL DEL ÍNDICE DE CETANO.**

| Muestras | IC | NTE INEN 1489:2012 Min.45 |
|---|---|---|
| HC* | 27.1 | No cumple |
| 10% HC/D2* | 49.0 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 45.4 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 43.4 | No cumple |
| 50% HC/D2* | 39.2 | No cumple |
| 70% HC/D2* | 33.3 | No cumple |
| 90% HC/D2* | 29.2 | No cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.7 Contenido de Azufre.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-4294 (ASTM, Standard Test Method for Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry).

### 3.4.7.1 Resultado Experimental Contenido de Azufre

**TABLA 32 RESULTADO EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE AZUFRE**

| Muestras | Contenido de Azufre (%) | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.7 (%) |
|---|---|---|
| HC* | 0.518% | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 0.090% | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 0.151% | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 0.178% | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 0.257% | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 0.347% | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 0.461% | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad ARCH - Terminal Pascuales.

**TABLA 33 RESULTADO EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE AZUFRE**

| Muestras | Contenido de Azufre (%) | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.7 (%) |
|---|---|---|
| HC* | 0.458% | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 0.072% | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 0.144% | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 0.173% | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 0.254% | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 0.346% | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 0.442% | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad ARCH -Terminal Pascuales.

### 3.4.8 Determinación de Agua.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-95 (ASTM, Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation) NTE INEN 1494 (INEN, Productos De Petroleo. Determinación De Agua Y Sedimento Por Centrifugación)

#### 3.4.8.1 Resultado Experimental Determinación de Agua

**TABLA 34 RESULTADO EXPERIMENTAL DETERMINACIÓN DE AGUA**

| Muestras | Contenido de agua (%) | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.05 (%) |
|---|---|---|
| HC* | 0% | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 35 RESULTADO EXPERIMENTAL DETERMINACIÓN DE AGUA Y SEDIMENTO POR CENTRIFUGACIÓN**

| Muestras | Contenido de agua (%) | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.05 (%) |
|---|---|---|
| HC* | 0% | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 0% | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.9 Determinación del Residuo Carbón Conradson.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en la norma NTE INEN 1491 (INEN, Productos de Petróleo Determinación del Residuo de Carbón Conradson).

### 3.4.9.1 Resultado Experimental Determinación del Residuo Carbón Conradson.

**TABLA 36 RESULTADO EXPERIMENTAL DETERMINACIÓN DEL RESIDUO DE CARBÓN CONRADSON.**

| Muestras | Peso Crisol | Peso Muestra | Peso Final | % Residuo de Carbón | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.15 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| HC* | 19.5317 | 3.0398 | 19.5333 | 0.05 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 19.8402 | 7.4565 | 19.8407 | 0,01 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 20.2021 | 6.9332 | 20.2036 | 0,02 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 19.7009 | 7.6633 | 19.7048 | 0.05 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 20.2008 | 6.8186 | 20.2025 | 0.02 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 19.8128 | 8.2914 | 19.8164 | 0.04 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 19.5320 | 7.8299 | 19.5348 | 0.04 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 37 RESULTADO EXPERIMENTAL DETERMINACIÓN DEL RESIDUO DE CARBÓN CONRADSON.**

| Muestras | Peso Crisol | Peso Muestra | Peso Final | % Residuo de Carbón | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.15 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| HC* | 19.6018 | 3.0415 | 19.6032 | 0.05 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 19.8795 | 7.9452 | 19.881 | 0,02 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 19.2531 | 7.2531 | 19.2543 | 0,02 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 20.6348 | 7.6633 | 20.638 | 0.04 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 20.2032 | 6.9468 | 20.2019 | 0.02 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 19.9263 | 7.8922 | 19.9298 | 0.04 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 19.6231 | 7.7088 | 19.6264 | 0.04 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

### 3.4.10 Determinación de Ceniza.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en la norma NTE INEN 1492 (INEN, Productos de Petróleo Determinación de Cenizas)

#### 3.4.10.1 Resultado Experimental Determinación de Ceniza.

**TABLA 38 RESULTADO EXPERIMENTAL DETERMINACIÓN DE CENIZAS**

| Muestras | Peso Muestra original | Peso de la ceniza | % Cenizas | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.1 (%) |
|---|---|---|---|---|
| HC* | 19.5317 | 19.5312 | 0% | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 19.8402 | 19.8400 | 0% | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 20.2021 | 20.2019 | 0% | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 19.7009 | 19.7007 | 0% | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 20.2008 | 20.2006 | 0% | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 19.8128 | 19.8124 | 0% | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 19.532 | 19.5316 | 0% | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil.

**TABLA 39 RESULTADO EXPERIMENTAL DETERMINACIÓN DE CENIZAS**

| Muestras | Peso Muestra original | Peso de la ceniza | % Cenizas | NTE INEN 1489:2012 Máx. 0.1 (%) |
|---|---|---|---|---|
| HC* | 19.6018 | 19.5818 | 0% | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 19.8795 | 19.8395 | 0% | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 19.2531 | 19.2131 | 0% | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 20.6348 | 20.6148 | 0% | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 20.2032 | 20.1832 | 0% | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 19.9263 | 19.9063 | 0% | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 19.6231 | 19.5831 | 0% | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil.

### 3.4.11 Color ASTM.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en la norma ASTM D-1500 (ASTM, Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale))

#### 3.4.11.1 Resultado Experimental Color ASTM

**TABLA 40 RESULTADO EXPERIMENTAL ENSAYO DE COLOR ASTM**

| Muestras | Color | NTE INEN 1489:2012 Reportado |
|---|---|---|
| HC* | 2 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 41 RESULTADO EXPERIMENTAL ENSAYO DE COLOR ASTM**

| Muestras | Color | NTE INEN 1489:2012 Reportado |
|---|---|---|
| HC* | 2.5 | Si cumple |
| 10% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 25% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 30% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 50% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 70% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| 90% HC/D2* | 1 | Si cumple |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

Realización del ensayo: Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales

### 3.4.12 Poder Calorífico.

Este ensayo se lo realizó siguiendo lo expresado en las normas ASTM D-240 (ASTM, Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter).

#### 3.4.12.1 Resultado Experimental Poder Calorífico

**TABLA 42 RESULTADO EXPERIMENTAL PODER CALORÍFICO.**

| Muestras | Peso de la muestra (g) | Toc (ºC) | Tfc (ºC) | Long. Alambre sin quemar | Long. Alambre quemado | Poder Calórico |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HC* | 1.095 | 20.56 | 26.86 | 23 cm | 5 cm | 24937.63 Btu/lb |
| 25% HC/D2* | 1.0128 | 24.44 | 30.2 | 23 cm | 5.5 cm | 25199.71 Btu/lb |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 43 RESULTADO EXPERIMENTAL PODER CALORÍFICO.**

| Muestras | Peso de la muestra (g) | Toc (ºC) | Tfc (ºC) | Long. Alambre sin quemar | Long. Alambre quemado | Poder Calórico |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HC* | 1.0047 | 21.64 | 27.48 | 23 cm | 5 cm | 25194.47 Btu/lb |
| 25% HC/D2* | 1.0013 | 20.26 | 25.62 | 23 cm | 5.5 cm | 23207.02 Btu/lb |
| *HC: Hidrocarburo Condensado.<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

## 3.5 Consumo Específico de Combustible.

**TABLA 44 TABLA DE CONSUMO EN BAJA, MEDIA Y ALTA REVOLUCIÓN**

| REVOLUCIONES (RPM) | CONSUMO D2*(ML) | CONSUMO HC/D2*(ML) |
|---|---|---|
| 750 | 24.5 | 34 |
| 1400 | 42.7 | 47.6 |
| 2000 | 62.5 | 62.5 |
| *D2: Diesel 2<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización de ensayo:** Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP).

**TABLA 45 TABLA DE RESULTADOS DE CONSUMO DE DIESEL 2 Y MEZCLA HIDROCARBURO CONDENSADO/DIESEL2**

| TIEMPO (MIN) | REVOLUCIONES (RPM) | CONSUMO D2*(ML) | CONSUMO HC/D2*(ML) |
|---|---|---|---|
| 5 | 750 | 98 | 136 |
| 5 | 1400 | 170.8 | 190.4 |
| 5 | 2000 | 250 | 250 |
| *D2: Diesel 2<br>*HC/D2: Hidrocarburo Condensado/Diesel 2 | | | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización de ensayo:** Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP).

### 3.6 Factibilidad Económica Proyección Anual

**TABLA 46 CANTIDADES DESPACHADAS EN TANQUEROS HACIA REFINERÍA AÑO 2012 AL 2015**

| ABJ TK3010 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Año Mes** | **2012 (BBL)** | **2013 (BBL)** | **2014 (BBL)** | **2015 (BBL)** |
| Enero | 468.71 | | 470.08 | 243.58 |
| Febrero | | | 233.56 | 462.13 |
| Marzo | | | 234.09 | |
| Abril | | | 466.79 | 466.4 |
| Mayo | 460.93 | 469.98 | 231.89 | |
| Junio | | | 462.63 | 476.71 |
| Julio | | 464.43 | 236.92 | |
| Agosto | 470 | | 235.14 | |
| Septiembre | | 470.5 | 419.88 | 461.89 |
| Octubre | | 234.88 | | |
| Noviembre | 470.47 | 475.51 | 471.74 | 450.51 |
| Diciembre | 472.21 | | | |
| | | | | |
| TOTAL | 2342.32 | 2115.3 | 3462.72 | 2561.22 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Petroamazonas EP

## TABLA 47 DINERO DESTINADO AL ENVÍO DEL HIDROCARBURO CONDENSADO AÑO 2012 AL 2015

| Mes | 2012 (BBL) | Tanquero ($) | 2013 (BBL) | Tanquero ($) | 2014 (BBL) | Tanquero ($) | 2015 (BBL) | Tanquero ($) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 468.71 | $3,696.00 | | | 470.08 | $3,696.00 | 243.58 | $1,848.00 |
| Febrero | | | | | 233.56 | $1,848.00 | 462.13 | $3,696.00 |
| Marzo | | | | | 234.09 | $1,848.00 | | |
| Abril | | | | | 466.79 | $3,696.00 | 466.4 | $3,696.00 |
| Mayo | 3696 | $3,696.00 | 469.98 | $3,696.00 | 231.89 | $1,848.00 | | |
| Junio | | | | | 462.63 | $3,696.00 | 476.71 | $3,696.00 |
| Julio | | | 464.43 | $3,696.00 | 236.92 | $1,848.00 | | |
| Agosto | 470 | $3,696.00 | | | 235.14 | $1,848.00 | | |
| Septiembre | | | 470.5 | $3,696.00 | 419.88 | $3,696.00 | 461.89 | $3,696.00 |
| Octubre | | | 234.88 | $1,848.00 | | | | |
| Noviembre | 470.47 | $3,696.00 | 475.51 | $3,696.00 | 471.74 | $3,696.00 | 450.51 | $3,696.00 |
| Diciembre | 472.21 | $3,696.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| TOTAL | 5577.39 | $18,480.00 | 2115.3 | $16,632.00 | 3462.72 | $27,720.00 | 2561.22 | $20,328.00 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Petroamazonas EP

## TABLA 48 CANTIDAD REQUERIDA DE HIDROCARBURO CONDENSADO PARA SER MEZCLADO AÑO 2012 AL 2015

| Mes | Uso de Diesel (BBL) | Mínimo Requerido Hidrocarburo Condensado (BBL) | 2012 (BBL) | 2013 (BBL) | 2014 (BBL) | 2015 (BBL) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 490.48 | 122.62 | 468.71 | | 470.08 | 243.58 |
| Febrero | 490.48 | 122.62 | | | 233.56 | 462.13 |
| Marzo | 490.48 | 122.62 | | | 234.09 | |
| Abril | 490.48 | 122.62 | | | 466.79 | 466.4 |
| Mayo | 490.48 | 122.62 | 3696 | 469.98 | 231.89 | |
| Junio | 490.48 | 122.62 | | | 462.63 | 476.71 |
| Julio | 490.48 | 122.62 | | 464.43 | 236.92 | |
| Agosto | 490.48 | 122.62 | 470 | | 235.14 | |
| Septiembre | 490.48 | 122.62 | | 470.5 | 419.88 | 461.89 |
| Octubre | 490.48 | 122.62 | | 234.88 | | |
| Noviembre | 490.48 | 122.62 | 470.47 | 475.51 | 471.74 | 450.51 |
| Diciembre | 490.48 | 122.62 | 472.21 | | | |
| | | | | | | |
| TOTAL | 5885.71 | 1471.43 | 5577.39 | 2115.3 | 3462.72 | 2561.22 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Petroamazonas EP

## TABLA 49 POSIBLE MEZCLA MENSUAL DE ACUERDO A LO DESPACHADO A REFINERÍA EN LOS AÑOS 2012 AL 2015

| Mes | Diesel 2 (BBL) | 2012 (BBL) | Diesel 2 (BBL) | 2013 (BBL) | Diesel 2 (BBL) | 2014 (BBL) | Diesel 2 (BBL) | 2015 (BBL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 1874.84 | 468.71 | | | 1880.32 | 470.08 | 974.32 | 243.58 |
| Febrero | | | | | 934.24 | 233.56 | 1848.52 | 462.13 |
| Marzo | | | | | 936.36 | 234.09 | | |
| Abril | | | | | 1867.16 | 466.79 | 1865.60 | 466.4 |
| Mayo | 1843.72 | 460.93 | 1879.92 | 469.98 | 927.56 | 231.89 | | |
| Junio | | | | | 1850.52 | 462.63 | 1906.84 | 476.71 |
| Julio | | | 1857.72 | 464.43 | 947.68 | 236.92 | | |
| Agosto | 1880.00 | 470 | | | 940.56 | 235.14 | | |
| Septiembre | | | 1882.00 | 470.5 | 1679.52 | 419.88 | 1847.56 | 461.89 |
| Octubre | | | 939.52 | 234.88 | | | | |
| Noviembre | 1881.88 | 470.47 | 1902.04 | 475.51 | 1886.96 | 471.74 | 1802.04 | 450.51 |
| Diciembre | 1888.84 | 472.21 | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| TOTAL | 9369.28 | 2342.32 | 8461.20 | 2115.3 | 13850.88 | 3462.72 | 10244.88 | 2561.22 |
| TOTAL COMBUSTIBL | 11711.60 | | 10576.50 | | 17313.60 | | 12806.10 | |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Petroamazonas EP

## TABLA 50 CANTIDADES REQUERIDAS ANUALMENTE PARA REALIZAR LA MEZCLA HIDROCARBURO CONDENSADO /DIESEL 2

| Año | Uso de Diesel 2 (Galón) | Precio por galón Diesel 2 | Costo Diesel 2 (Galón) | Condensado enviado a Refinería (Galón) | Hidrocarburo Condensado Requerido (Galón) | Diesel 2 Requerido (Galón) | Hidrocarburo Condensado Requerido (BBL) | Diesel 2 Requerido (BBL) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2012 | 247200 | $1.52 | $375,744.00 | 98377.44 | 46350 | 185400 | 1,104 | 4414.29 |
| 2013 | 247200 | $1.52 | $375,744.00 | 88842.6 | 46350 | 185400 | 1,104 | 4414.29 |
| 2014 | 247200 | $1.52 | $375,744.00 | 145434.24 | 46350 | 185400 | 1,104 | 4414.29 |
| 2015 | 247200 | $1.52 | $375,744.00 | 107571.24 | 46350 | 185400 | 1,104 | 4414.29 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Petroamazonas EP

## TABLA 51 AHORRO ANUAL AL REALIZAR LA MEZCLA HIDROCARBURO CONDENSADO/ DIESEL 2

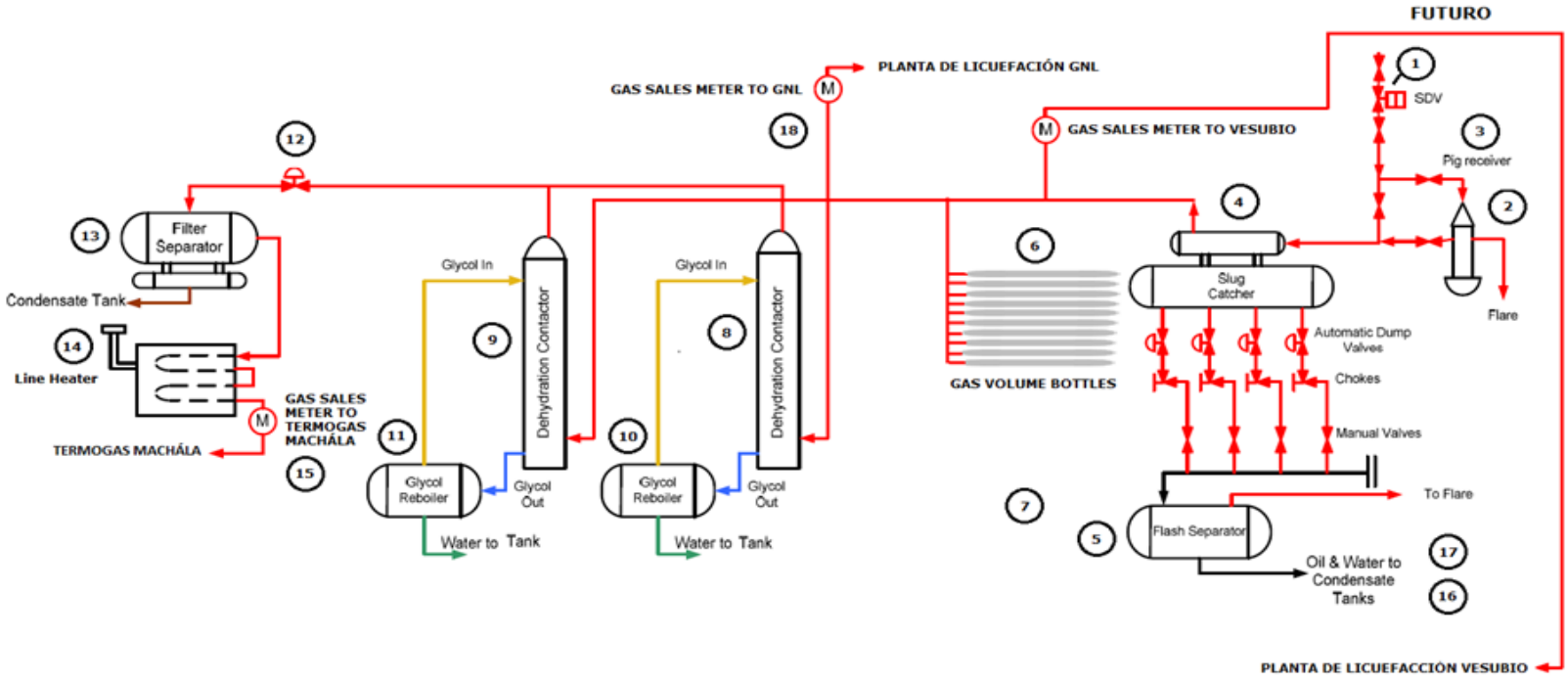
| Año | Costo de Tanquero que transporta Condensado | Costo de Diesel 2 Requerido (Galón) | Ahorro en comprar de Diesel 2 | Ahorro al usar Hidrocarburo Condensado |
|---|---|---|---|---|
| 2012 | $18,480 | $281,808.00 | $93,936.00 | $112,416.00 |
| 2013 | $16,632.00 | $281,808.00 | $93,936.00 | $110,568.00 |
| 2014 | $27,720.00 | $281,808.00 | $93,936.00 | $121,656.00 |
| 2015 | $20,328.00 | $281,808.00 | $93,936.00 | $114,264.00 |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Fuente:** Petroamazonas EP

## 3.7 Ingenieria de proceso

### 3.7.1 Diagrama de Proceso obtención de Hidrocarburo Condensado Planta Procesadora Gas Natural Bajo Alto.




**Fuente:** Petroamazonas EP.

## 3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 3.8.1 Resultados experimentales

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización descritos en el capítulo 3. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio De Petróleos de La Universidad de Guayaquil, Laboratorio De Control de Calidad EP Petroecuador y Laboratorio de Control de Calidad ARCH Terminal Pascuales. Se caracterizó al Hidrocarburo Condensado y las mezclas al 10, 25, 30, 50,70 y 90% con Diesel 2.

### 3.8.2 Caracterización de la Mezcla optima 25% Hidrocarburo Condensado 75% Diesel 2.

En las tablas 52 y 53 se presentan los resultados de los análisis que se realizaron en la caracterización de la mezcla Hidrocarburo Condensado Diesel 2.

**TABLA 52 CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA ÓPTIMA DE HIDROCARBURO CONDENSADO DIESEL 2.**

| Parámetros | Muestra 1 |
|---|---|
| **Determinación de la Densidad API 15,56°C** | 34 |
| **Gravedad Especifica 15,56/15,56°C** | 0.855 |
| **Punto De Inflamación** | 55 °C |
| **Destilación ASTM** | |
| **P.I.E** | 160 °C |
| **10%** | 199 °C |
| **20%** | 220 °C |
| **30%** | 239 °C |
| **40%** | 252 °C |
| **50%** | 266 °C |
| **60%** | 270 °C |
| **70%** | 294 °C |
| **80%** | 308 °C |
| **90%** | 329°C |
| **P.F.E** | 355 °C |
| **Determinación De Cenizas** | 0% |
| **Determinación del Residuo Carbón Conradson** | 0.02% |
| **Contenido De Agua Y Sedimento** | 0% |
| **Contenido De Azufre** | 0.15% |
| **Color** | 1 |
| **Corrosión A La Lámina De Cobre** | 1ª |
| **Viscosidad Cinemática** | 2.7383 cst |
| **Índice De Cetano Calculado** | 45.4 |
| **Poder Calorífico** | 25199.71 Btu/lb |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

**TABLA 53 CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA ÓPTIMA DE HIDROCARBURO CONDENSADO DIESEL 2.**

| Parámetros | Muestra 2 |
|---|---|
| **Determinación de la Densidad API 15,56°C** | 35.1 |
| **Gravedad Especifica 15,56/15,56°C** | 0.8493 |
| **Punto De Inflamación** | 54 °C |
| **Destilación ASTM** | |
| **P.I.E** | 162 °C |
| **10%** | 197 °C |
| **20%** | 210 °C |
| **30%** | 230 °C |
| **40%** | 239 °C |
| **50%** | 258 °C |
| **60%** | 273 °C |
| **70%** | 287 °C |
| **80%** | 304 °C |
| **90%** | 326 °C |
| **P.F.E** | 357 °C |
| **Determinación De Cenizas** | 0% |
| **Determinación del Residuo Carbón Conradson** | 0.02% |
| **Contenido De Agua Y Sedimento** | 0% |
| **Contenido De Azufre** | 0.14% |
| **Color** | 1 |
| **Corrosión A La Lámina De Cobre** | 1ª |
| **Viscosidad Cinemática** | 2.5495 cst |
| **Índice De Cetano Calculado** | 45.4 |
| **Poder Calorífico** | 23207.02 Btu/lb |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales.

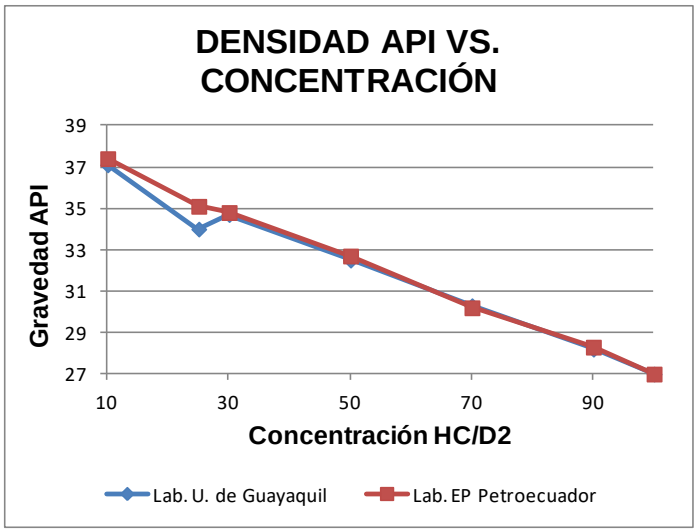
Estos resultados nos indican que es posible realizar la mezcla Hidrocarburo Condensado - Diesel 2 sin causar alteraciones en su utilización en un motor de combustión interna.

### 3.8.3 Interpretación de análisis de ensayos

#### 3.8.3.1 Determinación de la Densidad API.

De acuerdo a los grados API determinamos que el Hidrocarburo Condensado es un crudo normal, siendo la densidad API un factor importante en la determinación del número de cetano, así como la calidad del combustible en general.

**GRÁFICO 11 DENSIDAD API VS CONCENTRACIÓN**




**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales. Y Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

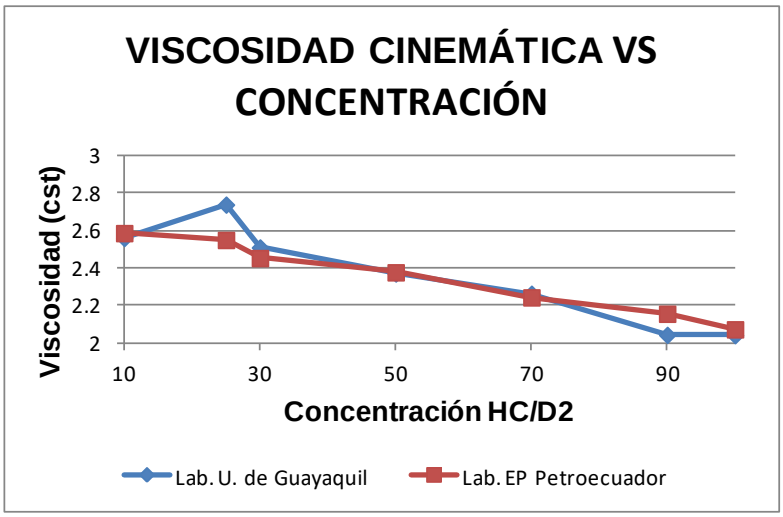
#### 3.8.3.2 Viscosidad Cinemática

En el Gráfico 12 se puede apreciar que la Viscosidad Cinemática va disminuyendo a medida que se incrementa la concentración de Hidrocarburo Condensado.

Se debe poseer una viscosidad mínima para evitar pérdidas de potencia debido a las fugas en la bomba de inyección y el inyector. Una viscosidad

adecuada generará un bombeado correcto en el motor y dará las características necesarias de lubricidad.

**GRÁFICO 12 VISCOSIDAD CINEMÁTICA VS CONCENTRACIÓN**



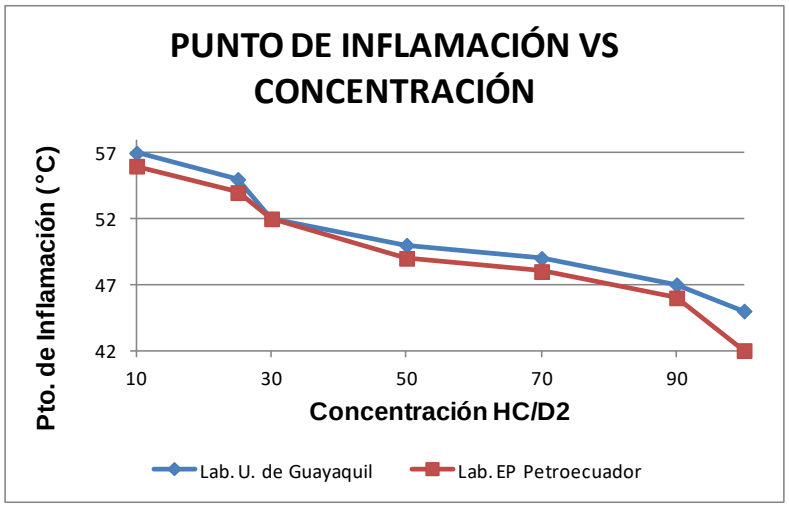

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales. Y Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil.

#### 3.8.3.3 Punto de Inflamación

En el Gráfico 13 Se puede apreciar que el Punto de Inflamación va disminuyendo a medida que se va incrementando la concentración de Hidrocarburo Condensado.

Se determina el punto de inflamación para conocer la temperatura máxima a la que el fluido puede ser calentado sin ningún peligro; es la temperatura mínima a la cual el combustible genera gases suficientes para que se mezclen con el oxígeno e inicie el proceso de combustión

**GRÁFICO 13 PUNTO DE INFLAMACIÓN VS CONCENTRACIÓN**



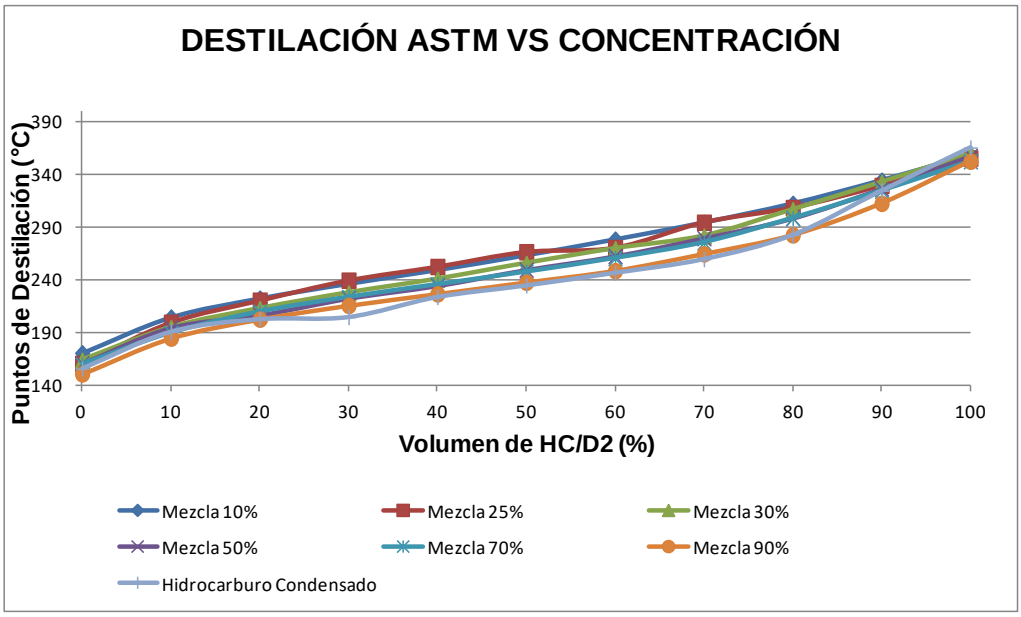

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales. Y Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

### 3.8.3.4 Destilación ASTM

En los Gráfico 14 y 15 se muestran las curvas de destilación para las muestras analizadas tanto en el Laboratorio De Petróleos De La Universidad de Guayaquil y en el Laboratorio De Control de Calidad EP Petroecuador. Se puede apreciar que las temperaturas varían directamente con el volumen de condensado.

El 90% de destilado tiene un promedio de 312.5° C, contribuye a disminuir los depósitos en el motor y el desgaste. Además, esto contribuye en la disminución de las emisiones tóxicas producto de la combustión.

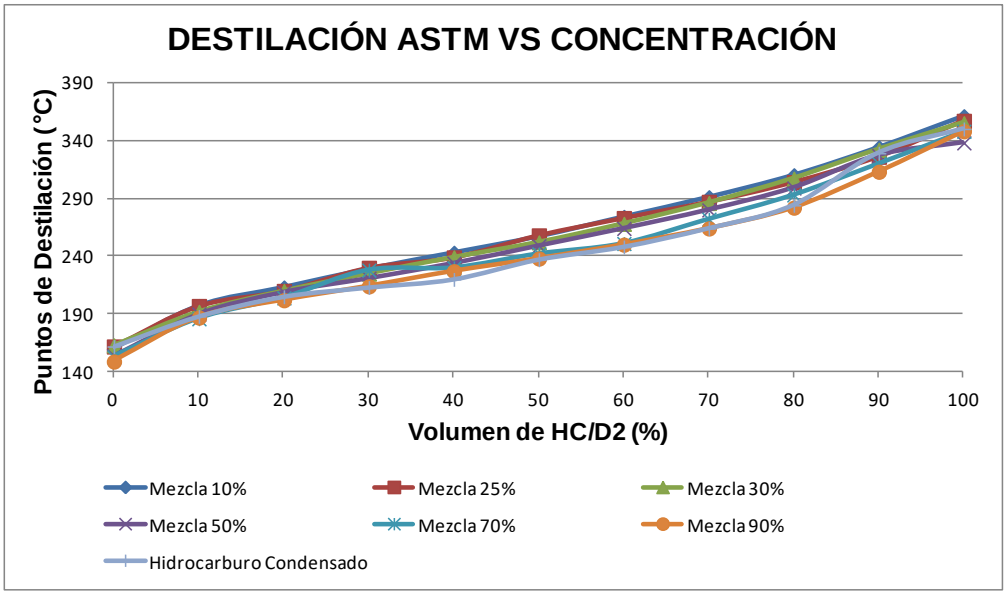
## GRÁFICO 14 DESTILACIÓN ASTM VS CONCENTRACIÓN




**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

## GRÁFICO 15 DESTILACIÓN ASTM VS CONCENTRACIÓN



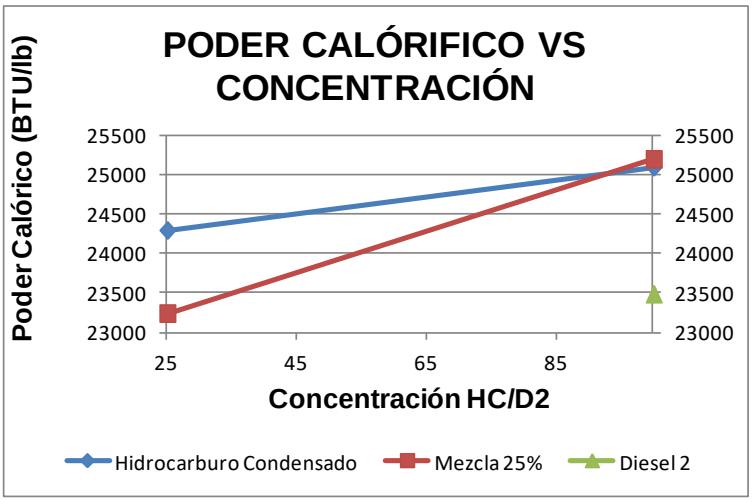

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales.

### 3.8.3.5 Poder Calorífico

Se puede apreciar en el Poder Calorífico la energía liberada por unidad de masa del combustible, observando en el Gráfico 16 el poder calórico del Hidrocarburo Condensado es mayor respecto a la mezcla de Hidrocarburo Condensado/Diesel 2.

**GRÁFICO 16 PODER CALÓRIFICO VS CONCENTRACIÓN**



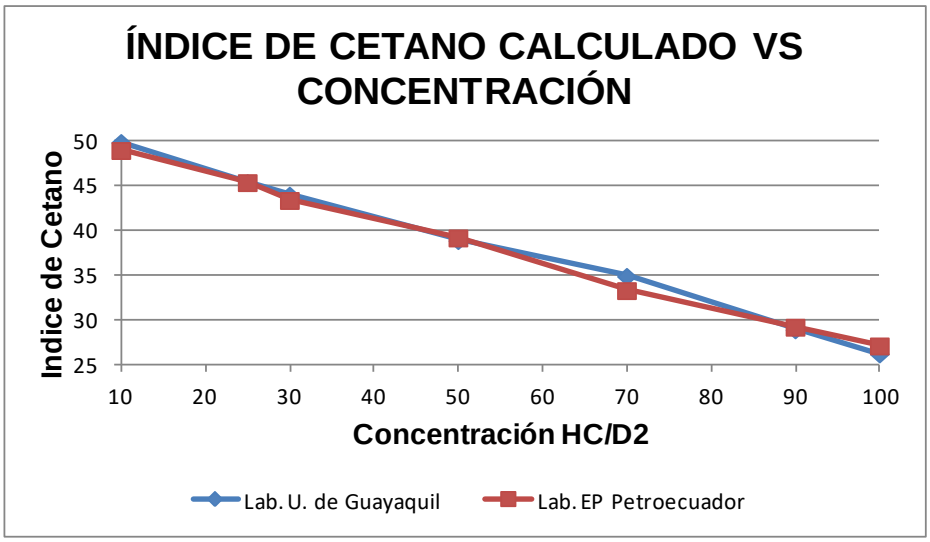

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

### 3.8.3.6 Índice de Cetano Calculado

Como resultado se obtuvo un Índice de Cetano Promedio de 45.4, cuanto mayor es este valor menor será el tiempo que tarda el Diesel en hacer la combustión, esto implica que la combustión inicie antes, lo que su vez mejora el desempeño del motor en aspectos tales como: arranque en frío, la combustión, una aceleración estable, la formación de depósitos y la densidad de gases de emisión. El Índice de Cetano es una medida de la calidad de ignición del combustible e influye en las emisiones de humo y en la calidad de la combustión. El bajo número de cetano provoca ruidos

en el motor, prolongando el retraso de la ignición y aumentando el peso molecular de las igniciones.

**GRÁFICO 17 ÍNDICE DE CETANO CALCULADO VS CONCENTRACIÓN**



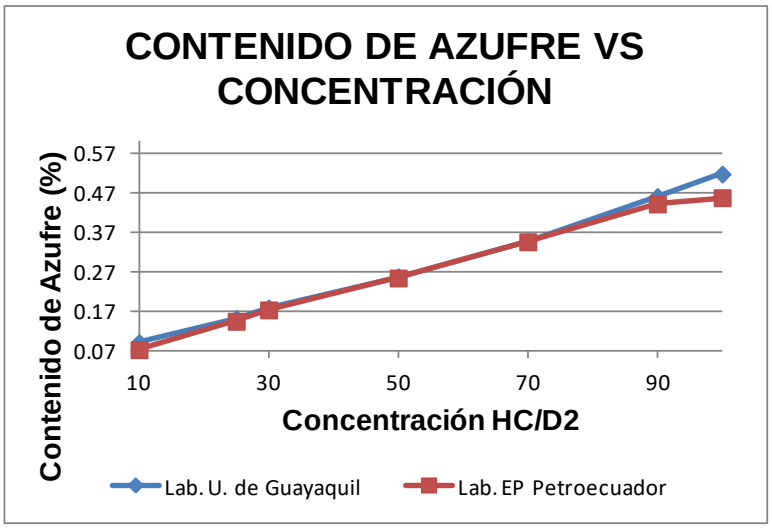

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil - Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

### 3.8.3.7 Contenido de Azufre

Las muestras analizadas presentaron un contenido de azufre promedio de 0.3%.Es muy importante conocer el contenido de azufre ya que si este es alto contribuye al desgaste del motor y a la aparición de depósitos que varían considerablemente dependiendo del funcionamiento del motor. También afecta al sistema de control de emisiones y límites medioambientales.

**GRÁFICO 18 CONTENIDO DE AZUFRE VS CONCENTRACIÓN**



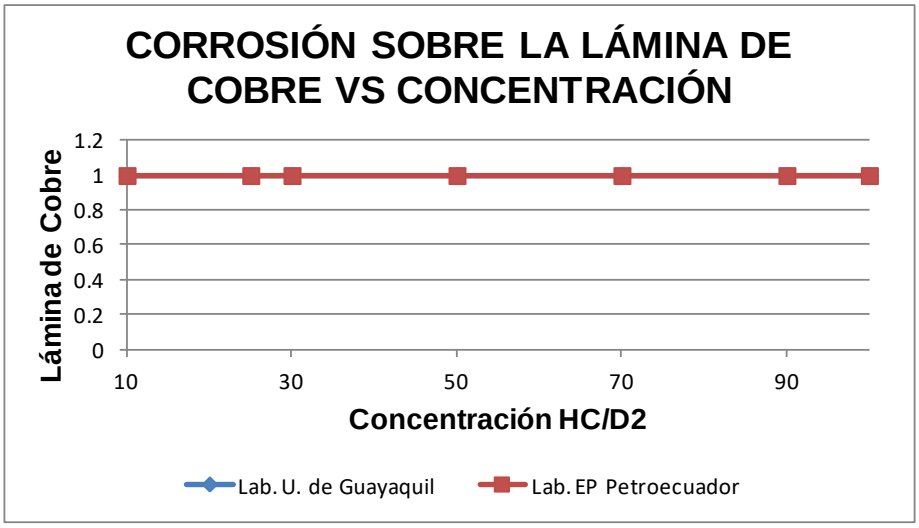

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Control de Calidad ARCH.

#### 3.8.3.8 Corrosión sobre la lámina de cobre.

Mediante la comprobación el ensayo de lámina de cobre se puede observar que no existen en el sistema compuestos corrosivos o presencia de ácidos que pueden atacar al cobre o sus aleaciones.

**GRÁFICO 19 CORROSIÓN SOBRE LA LÁMINA DE COBRE VS CONCENTRACIÓN**



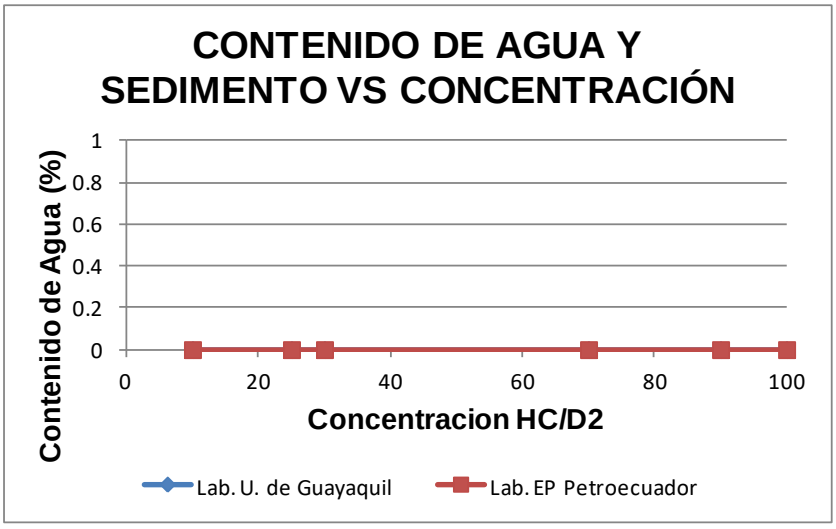

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil y Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

#### 3.8.3.9 Agua y Sedimento

En las pruebas realizadas no se tiene contenido de agua ya que esta puede provocar ciertos daños en el motor como: corrosión en componentes del motor, contribuye al crecimiento de microorganismos formando lodos y saturando los filtros. Los sedimentos se deben a un mal proceso de purificación del combustible o contaminación.

**GRÁFICO 20 CONTENIDO DE AGUA Y SEDIMENTO VS CONCENTRACIÓN**



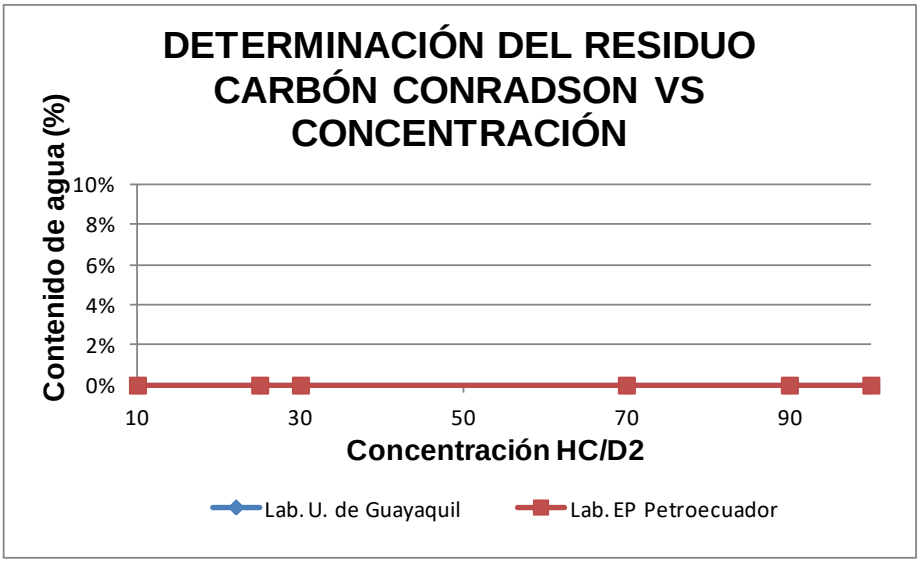

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil y Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

### 3.8.3.10 Determinación Del Residuo Carbón Conradson

En las pruebas realizadas no se encontró altos contenido de Residuo Carbón Conradson. Un valor alto de este parámetro nos indicaría contenidos de glicéridos, presencia de metales, y presencia de otras impurezas. Obtener un valor bajo de residuo carbonoso nos indica que no tendrá depósitos en los inyectores y en la cámara de combustión.

**GRÁFICO 21 DETERMINACIÓN DEL RESIDUO CARBÓN CONRADSON VS CONCENTRACIÓN**



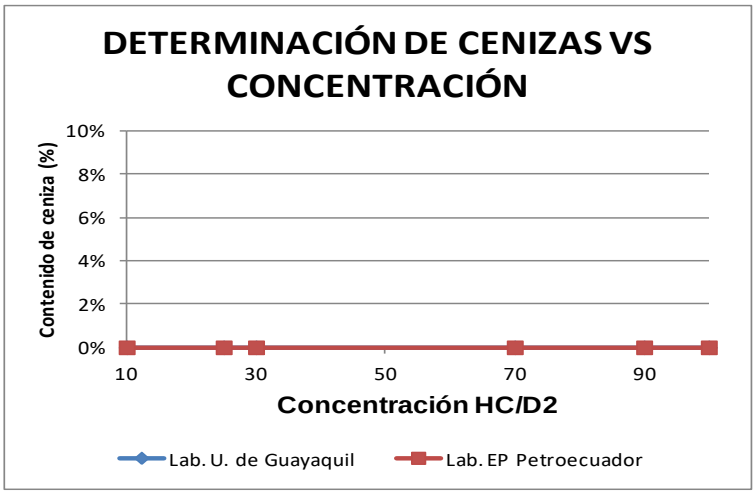

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

### 3.8.3.11 Determinación De Cenizas

En los ensayos realizados se obtuvo un contenido de cenizas de 0%, el cual nos indica que tener un porcentaje bajo nos ayuda a prevenir el desgaste excesivo del motor.

**GRÁFICO 22 DETERMINACIÓN DE CENIZAS VS CONCENTRACIÓN**



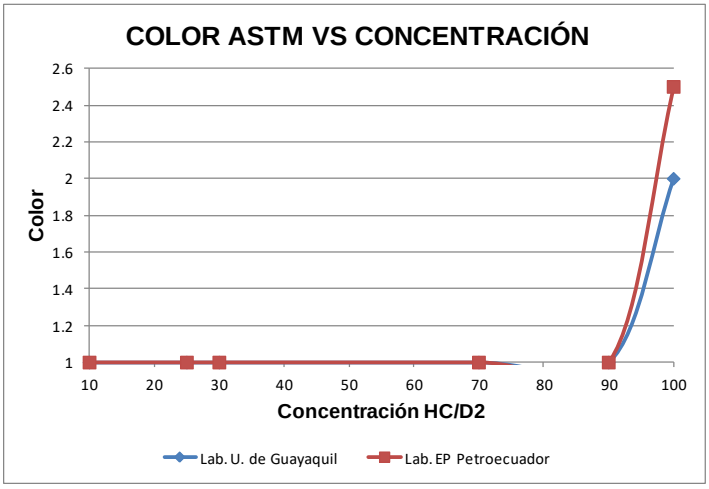

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

### 3.8.3.12 Color ASTM

El Color ASTM es un parámetro que nos servir como indicador del grado de refinación de las muestras analizadas, si existe una variación fuera del rango establecido puede indicar que la muestra presente contaminación.

**GRÁFICO 23 COLOR ASTM VS CONCENTRACIÓN**




**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil y Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales.

### 3.9 Comparación de los datos obtenidos.

Para ejecutar la comparación de los resultados obtenidos en esta experimentación conforme a los parámetros establecidos en la Norma INEN NTE 1489:2012.

En la Tabla 54 y 55 se presentan los resultados de los análisis relacionados en el gráfico 10 que se utilizaron para la caracterización de la mezcla Hidrocarburo Condensado Diesel 2. Las propiedades cumplen con los parámetros de calidad establecidos en la norma NTE INEN1489:2012.

Estos resultados demuestran que es posible reformular el Diesel 2 en una proporción 75% V/V con Hidrocarburo Condensado sin causar alteraciones en su composición y que puede ser utilizado en las operaciones de Petroamazonas EP.

## TABLA 54 CUADRO COMPARATIVO ANÁLISIS DE ENSAYOS

| Resultados obtenidos en la Caracterización del Hidrocarburo Condensado y sus diferentes mezclas | | | | | | | | | | Diesel 1 | | Diesel 2 | | Diesel Premium | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PARÁMETROS** | | **10/90** | **25/75** | **30/70** | **50/50** | **70/30** | **90/10** | **CONDENSADO** | **Unidad** | **Mínimo** | **Máximo** | **Mínimo** | **Máximo** | **Mínimo** | **Máximo** |
| **Corrosión a la Lámina de Cobre** | | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | - | - | No. 2 | - | No.3 | - | No.3 |
| **Destilación ASTM** | PI: | 170 | 160 | 163 | 160 | 159 | 150 | 155 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 10 ml | 204 | 199 | 194 | 194 | 189 | 184 | 190 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 20 ml | 222 | 220 | 212 | 206 | 209 | 202 | 202 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 30 ml | 2336 | 239 | 227 | 222 | 223 | 215 | 204 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 40ml | 249 | 252 | 240 | 234 | 235 | 226 | 223 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 50ml | 263 | 266 | 255 | 249 | 247 | 237 | 234 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 60ml | 278 | 270 | 269 | 262 | 260 | 248 | 246 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 70ml | 294 | 294 | 281 | 279 | 275 | 264 | 259 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 80ml | 312 | 308 | 306 | 298 | 298 | 282 | 282 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 90ml | 334 | 329 | 332 | 326 | 324 | 312 | 324 | °C | - | 288 °C | - | 360 °C | - | 360 °C |
| | PF: | 358 | 355 | 359 | 357 | 352 | 352 | 365 | °C | - | - | - | - | - | - |
| **API** | | 37.1 | 34 | 34.7 | 32.5 | 30.3 | 28.2 | 27 | | - | - | - | - | - | - |
| **Gravedad Específica** | | 0.8393 | 0.8550 | 0.8514 | 0.8628 | 0.8745 | 0.8860 | 0.8927 | | | | - | - | - | - |
| **Carbón Conradson** | | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | % | - | 0.15 | - | 0.15 | - | 0.15 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Contenido de Cenizas** | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | % | - | 0.01 | | 0.01 | | 0.01 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Color** | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2,5 | | - | - | - | - | - | - |
| **Contenido de Azufre** | | 0.09 | 0.151 | 0.178 | 0.257 | 0.347 | 0.461 | 0.518 | % | - | 0.3 | - | 0.7 | - | 0.05 |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| **Punto de Inflamación** | | 57 | 55 | 52 | 50 | 49 | 47 | 45 | °C | 40 | - | 51 | - | 51 | - |
| **Indice de cetano calculado** | | 49.9 | 45.4 | 44.0 | 38.9 | 34.9 | 28.9 | 26.2 | - | 40 | - | 45 | - | 45 | - |
| | | | | | | | | | | - | - | | | | |
| **Contenido de agua y sedimento** | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | % | - | 0.05 | - | 0.05 | - | 0.05 |
| **Viscosidad cinemática** | | 2.5602 | 2.7383 | 2.5097 | 2.3705 | 2.2625 | 2.0427 | 2.0410 | cst | 1.3 | 3 | 2.5 | 6 | 2.5 | 6 |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| **Poder Calorífico** | | | 25199.71 | | | | | 24937.63 | Btu/lb | - | - | - | - | - | - |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo**: Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil.

## TABLA 55 CUADRO COMPARATIVO ANÁLISIS DE ENSAYOS

| Resultados obtenidos en la Caracterización del Hidrocarburo Condensado y sus diferentes mezclas | | | | | | | | | | Diesel 1 | | Diesel 2 | | Diesel Premium | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PARÁMETROS** | | **10/90** | **25/75** | **30/70** | **50/50** | **70/30** | **90/10** | **CONDENSADO** | **Unidad** | **Mínimo** | **Máximo** | **Mínimo** | **Máximo** | **Mínimo** | **Máximo** |
| **Corrosión a la Lámina de Cobre** | | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | No. 1a | - | - | No. 2 | - | No.3 | - | No.3 |
| **Destilación ASTM** | PI: | 160 | 162 | 163 | 154 | 153 | 149 | 162 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 10 ml | 197 | 197 | 192 | 190 | 186 | 187 | 188 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 20 ml | 213 | 210 | 210 | 209 | 204 | 202 | 205 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 30 ml | 229 | 230 | 225 | 221 | 228 | 214 | 213 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 40ml | 243 | 239 | 239 | 234 | 230 | 227 | 220 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 50ml | 257 | 258 | 252 | 249 | 242 | 238 | 237 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 60ml | 274 | 273 | 268 | 264 | 251 | 250 | 248 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 70ml | 291 | 287 | 286 | 280 | 272 | 264 | 264 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 80ml | 310 | 304 | 307 | 299 | 293 | 282 | 284 | °C | - | - | - | - | - | - |
| | 90ml | 334 | 326 | 332 | 327 | 320 | 313 | 329 | °C | - | 288 °C | - | 360 °C | - | 360 °C |
| | PF: | 361 | 357 | 355 | 338 | 348 | 348 | 350 | °C | - | - | - | - | - | - |
| **API** | | 37.4 | 35.1 | 34.8 | 32.7 | 30.2 | 28.2 | 27 | | - | - | - | - | - | - |
| **Gravedad Específica** | | 0.8378 | 0.8493 | 0.8745 | 0.8618 | 0.8751 | 0.8860 | 0.8927 | | | | - | - | - | - |
| **Carbón Conradson** | | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | % | - | 0.15 | - | 0.15 | - | 0.15 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Contenido de Cenizas** | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | % | - | 0.01 | - | 0.01 | - | 0.01 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Color** | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | - | - | - | - | - | - |
| **Contenido de Azufre** | | 0.072 | 0.144 | 0.173 | 0.254 | 0.346 | 0.442 | 0.458 | % | - | 0.3 | - | 0.7 | - | 0.05 |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| **Punto de Inflamación** | | 56 | 54 | 52 | 49 | 48 | 46 | 42 | °C | 40 | - | 51 | - | 51 | - |
| **Indice de cetano calculado** | | 49.0 | 45.4 | 43.4 | 39.2 | 33.3 | 29.2 | 27.1 | - | 40 | - | 45 | - | 45 | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Contenido de agua y sedimento** | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | % | - | 0.05 | - | 0.05 | - | 0.05 |
| **Viscosidad cinemática** | | 2.5862 | 2.5495 | 2.4529 | 2.3768 | 2.2429 | 2.1555 | 2.0724 | cst | 1.3 | 3 | 2.5 | 6 | 2.5 | 6 |
| | | | | | | | | | | - | - | - | - | - | - |
| **Poder Calorífico** | | | 23207.02 | | | | | 25194.47 | Btu/lb | - | - | - | - | - | - |

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo**: Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

## CONCLUSIONES

- Se determinó que el porcentaje idóneo de mezcla en un 25% V/V de Hidrocarburo Condensado y 75% V/V Diesel 2, siendo este apto para su uso como combustible en motores de combustión interna.
- La caracterización de los combustibles mediante la determinación de ciertas propiedades fisicoquímicas, permitió conocer la calidad del mismo, al cumplir con los límites permisibles estipulados en la Norma NTE INEN 1489:2012.
- En un motor de combustión interna se determinó el consumo de combustible en alta media y baja revolución dando como resultado 136, 190.4 y 250 ml respectivamente.
- El uso de la mezcla 25% de Hidrocarburo Condensado y 75% Diesel 2 puede ser aprovechado por Petroamazonas como combustible en las actividades propias de operación, obteniendo así un ahorro promedio de $114,726.00 Anual.

## RECOMENDACIONES

- Manejar adecuadamente las mezclas para que los resultados sean siempre precisos y contribuyan con una base fundamental para posteriores investigaciones.
- Es de importancia adaptar el proyecto a Petroamazonas EP para que puedan aprovechar el subproducto de la explotación del Gas Natural en sus operaciones y reducir sus costos operativos.
- Realizar pruebas en diferentes motores de Diesel con un tamaño de muestra representativa tomando en cuenta los diferentes motores de combustión interna que podrían utilizar la mezcla de combustible.
- Efectuar un estudio sobre las características de la fase de combustión al utilizar la mezcla como combustible en un motor o equipo de combustión interna.

## BIBLIOGRAFÍA


*Aprendiendo de Máquinas Termicas(4 de Noviembre de 2010). Obtenido de Motores Ciclo Diesel: http://maqterm.blogspot.com/2010/11/ciclo-diesel.html*

*Aprendiendo Mecánica Diesel. (2009). Obtenido de https://sites.google.com/a/misena.edu.co/aprendiendo-mecanica-diesel/concepto-sobre-motor-diesel*

*Área de Geoquímica Orgánica . (2014). CARACTERIZACIÓN POR MÉTODOS GEOQUÍMICOS DE 2 MUESTRAS DE CRUDOS DEL CAMPO AMISTAD.*

*ASTM. (s.f.). Standard Classification of Insulating Coatings for Electrical Steels by Composition, Relative Insulating Ability and Application. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale). Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Thermohydrometer Method. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity). Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation. Book of Standards Volume: 05.01.*

*ASTM. (s.f.). Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester. Book of Standards Volume: 05.01.*

*Chiriboga, E. (14 de 01 de 2014). Transcripción de Análisis de rendimiento y calidad del combustible diesel. Obtenido de https://prezi.com/wzzugptuvaxv/analisis-de-rendimiento-y-calidad-del-combustible-diesel/*

*Edixon. (17 de Febrero de 2008). La Comunidad Petrolera. Obtenido de http://ingenieria-de-petroleo.lacomunidadpetrolera.com/2008/02/hidratos-de-gas-el-gas-y-el-agua-lquida.html*

*Graziani, C. (2002). EL GAS NATURAL. Callao-Perú: Corporación Aceros Arequipa S.A.*

*INEN. (s.f.). Determinación Del Punto De Inflamación En Vaso Cerrado (Penskymartens).*

*INEN. (s.f.). Productos de Petróleo Determinación de Cenizas.*

*INEN. (s.f.). Productos de Petróleo Determinación de la corrosión sobre la lámina de cobre.*

*INEN. (s.f.). Productos de Petróleo Determinación del Residuo de Carbón Conradson.*

*INEN. (s.f.). Productos de Petróleo Ensayo de Destilación.*

*INEN. (s.f.). Productos De Petroleo. Determinación De Agua Y Sedimento Por Centrifugación.*

*INEN. (s.f.). Productos De Petróleo. Determinación De La Viscosidad Cinemática Y Dinámica En Líquidos Transparentes Y Opacos.*

*INEN. (s.f.). Productos De Petróleo. Determinación Del Índice De Cetano Calculado.*

*INEN. (s.f.). Productos Derivados del Petróleo Diesel Requisitos.*

*INEN. (s.f.). Productos derivados del Petróleo, Determinación de la Densidad API. Primera Edición.*

*Ing. Sebastián Pereira O, M. (2015). PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR . Quito: Instituto Petroquímico Ecuatoriano.*

*ITT. (28 de Noviembre de 2012). Bornemann Pumps. Obtenido de http://www.bornemann-ar.com/el-dominio-de-procesos-complejos-y-medios-dif-ciles*

*LEWA. (2016). Eliminación de hidrocarburos condensados con bombas de membrana de proceso LEWA. Obtenido de http://www.lewa.es/es/aplicaciones/condensados-de-hidrocarburos/*

*Li Fan, B. W. (2006). Revisión de los yacimientos de gas condensados. Moscú.*

*Líquidos del Gas Natural. (2015). Obtenido de http://www.ssecoconsulting.com/liquidos-del-gas-natural.html*

*Madrid, M. (2009). Comportamiento de fases en muestras de gas condensado. Portal del Petróleo, 1-1.*

*PetroamazonasEP. (2016). Descripción del Proceso Actual en la Plataforma Amistad Bloque 6.*

*PetroamazonasEP. (2016). Proceso de la Planta Deshidratadora de Gas Natural Bajo Alto.*

*RÍOS, L. F. (2009). Síntesis de aditivos para diesel. Obtenido de <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s071876420 09000600010&lang=pt>*

# ANEXOS

## ANEXO 1 Cálculo Experimental Viscosidad Cinemática.

$$V = C \times t$$

Hidrocarburo Condensado

$$V = 0,008046\ \frac{mm^2/s}{s} \times 252,39\ s\ = 2.0307\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008046\ \frac{mm^2/s}{s} \times 254,95s\ = 2.0513\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008549\ \frac{mm^2/s}{s} \times 294,73\ s\ = 2.5196\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008549\ \frac{mm^2/s}{s} \times 304,22s\ = 2.6008\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008549 \frac{mm^2/s}{s} \times 318.92\ s\ = 2.7264\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008549\ \frac{mm^2/s}{s} \times 321.7s\ = 2.7502\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008046\ \frac{mm^2/s}{s} \times 310.10\ s\ = 2.4951\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008046\ \frac{mm^2/s}{s} \times 313.73s\ = 2.5243\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008046\ \frac{mm^2/s}{s} \times 294,7\ s\ = 2.3712\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008046\ \frac{mm^2/s}{s} \times 294,54s\ = 2.3699\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008549\ \frac{mm^2/s}{s} \times 264,17s\ = 2.2584\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008549\ \frac{mm^2/s}{s} \times 265,13s\ = 2.2666\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

90% Hidrocarburo Condensado- Diesel 2

$$V = 0,008549 \frac{mm^2/s}{s} \times 238,95\ s\ = 2.0428\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008549 \frac{mm^2/s}{s} \times 238,93s\ = 2.0426\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

Hidrocarburo Condensado

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 240,06\ s\ = 2.0708\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 240,44s\ = 2.0740\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 299,78\ s\ = 2.5859\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 299,84s\ = 2.5864\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008626 \frac{mm^2/s}{s} \times 295,59\ s\ = 2.5498\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 295,53s\ = 2.5492\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 284,75\ s\ = 2.4563\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 283,97s\ = 2.4495\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 274,41\ s\ = 2.3671\quad \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 276,66s\ = 2.3865\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 259,81s\ = 2.2411\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,008626\ \frac{mm^2/s}{s} \times 260,22s\ = 2.2447\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$V = 0,009021\frac{mm^2/s}{s} \times 238,92s\ = 2.1553\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

$$V = 0,009021\frac{mm^2/s}{s} \times 238,96s\ = 2.1557\ \ \frac{mm^2}{s}\ (cSt)$$

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

## Anexo 2 Cálculo Experimental Índice de Cetano Calculado.

Hidrocarburo Condensado

IC= 454.74-1641.416*234+774.74*234^2-0.554*0.8927+97.803*(LOG(0.8927))^2

**IC=26.2**

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*263+774.74*263^2-0.554*0.8393+97.803*(LOG(0.8393))^2

**IC=49.9**

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*266+774.74*266^2-0.554*0.855+97.803*(LOG(0.855))^2
**IC=45.4**

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*255+774.74*255^2-0.554*0.8514+97.803*(LOG(0.8514))^2
**IC=38.9**

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*249+774.74*249^2-0.554*0.8628+97.803*(LOG(0.8628))^2

**IC=38.9**

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*247+774.74*247^2-0.554*0.8745+97.803*(LOG(0.8745))^2

**IC=34.9**

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*237+774.74*237^2-0.554*0.886+97.803*(LOG(0.886))^2

**IC=28.9**

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

Hidrocarburo Condensado

IC= 454.74-1641.416*237+774.74*237^2-0.554*0.8927+97.803*(LOG(0.8927))^2

**IC=27.1**

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*257+774.74*257^2-0.554*0.8378+97.803*(LOG(0.8378))^2

**IC=49.0**

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*258+774.74*258^2-0.554*0.8493+97.803*(LOG(0.8493))^2
**IC=45.4**

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*252+774.74*252^2-0.554*0.8509+97.803*(LOG(0.8509))^2
**IC=43.4**

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*249+774.74*249^2-0.554*0.8618+97.803*(LOG(0.8618))^2

**IC=39.2**

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*242+774.74*242^2-0.554*0.8751+97.803*(LOG(0.8751))^2

**IC=33.3**

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

IC=454.74-1641.416*238+774.74*238^2-0.554*0.8855+97.803*(LOG(0.8855))^2

**IC=29.2**

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

**Anexo 3 Cálculo Experimental Determinación del Residuo Carbón Conradson.**

$$\%\ Residuo\ de\ Carbón\ \frac{A * 100}{W}$$

En donde:

A = Peso del residuo de carbón, g.

W = Peso de la muestra, g.

Hidrocarburo Condensado

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.5333-19.5317}{3.0398}\right) x100 = 0.05\%$$

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.8407-19.8402}{7.4565}\right) x100 = 0.01\%$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{20.2022-20.2021}{6.9332}\right) x100 = 0.02\%$$

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.7048-19.7009}{7.6633}\right) x100 = 0.05\%$$

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{20.2025-20.2008}{6.8186}\right) x100 = 0.02\%$$

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.8164-19.8128}{8.2914}\right) x100 = 0.04\%$$

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.5348-19.5320}{7.8299}\right) x100 = 0.04\%$$

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

$$\%\ Residuo\ de\ Carbón\ \frac{A * 100}{W}$$

En donde:

A = Peso del residuo de carbón, g.

W = Peso de la muestra, g.

Hidrocarburo Condensado

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.6032-19.6018}{3.0415}\right) x100 = 0.05\%$$

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.881-19.8795}{7.9452}\right) x100 = 0.02\%$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.2543-19.2531}{7.2531}\right) x100 = 0.02\%$$

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{20.638-20.6348}{7.6633}\right) x100$$ =0.05%

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{20.2019-20.2032}{6.9468}\right) x100$$ =0.02%

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.9298-19.9263}{7.8922}\right) x100$$ =0.04%

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Residuo\ de\ Carbón = \left(\frac{19.6264-19.6231}{7.7088}\right) x100$$ =0.04%

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

**Anexo 4 Cálculo Experimental Determinación de cenizas**

%Ceniza = (w-W) * 100

En donde:

w = Peso de la ceniza que se obtiene, g,

W = Peso de la muestra original, g.

Hidrocarburo Condensado

$$\%Ceniza = (19.5312 - 19.5317)x100$$ =0. %

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.8400 - 19.8402)x100 = 0.\ \%$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (20.2019 - 20.2021)x100 = 0.\ \%$$

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.7007 - 19.7009)x100 = 0.\ \%$$

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (20.2006 - 20.2008)x100 = 0.\ \%$$

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.8124 - 19.8128)x100 = 0.\ \%$$

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.5316 - 19.532)x100 = 0.\ \%$$

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

%Ceniza = (w-W) * 100

En donde:

w = Peso de la ceniza que se obtiene, g,

W = Peso de la muestra original, g.

Hidrocarburo Condensado

$$\%Ceniza = (19.5818 - 19.6018)x100 = 0.\ \%$$

10% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.8395 - 19.8795)x100 = 0.\ \%$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.2131 - 19.2531)x100 = 0.\ \%$$

30% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (20.6148 - 20.6348)x100 = 0.\ \%$$

50% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (20.1832 - 20.2032)x100 = 0.\ \%$$

70% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.9063 - 19.9263)x100 = 0.\ \%$$

90% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$\%Ceniza = (19.5831 - 19.6231)x100 = 0.\ \%$$

**Elaborado por:** Katherine Carrera

**Realización del ensayo:** Laboratorio Control de Calidad EP Petroecuador-Terminal Pascuales**.**

**Anexo 5 Cálculo Experimental Poder Calorífico**

Hidrocarburo Condensado

$$26.86 - 20.56\ \frac{2426 - (23 - 5)}{1.095} = \ 13854.24 \quad \frac{cal}{g} x1.8 \ = 24937.63 \frac{BTU}{Lb}$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$30.2 - 24.44\ \frac{2426 - (23 - 5.5)}{1.0128} = \ 13999.84 \quad \frac{cal}{g} x1.8 \ = 25199.71 \frac{BTU}{Lb}$$

Hidrocarburo Condensado

$$27.48 - 21.64\ \frac{2426 - (23 - 5)}{1.0047} = 13996.93 \quad \frac{cal}{g} x1.8 \ = 25194.47 \frac{BTU}{Lb}$$

25% Hidrocarburo Condensado-Diesel 2

$$25.62 - 20.26\ \frac{2426 - (23 - 5.5)}{1.0013} = 12892.79 \quad \frac{cal}{g} x1.8 \ = 23207.02 \frac{BTU}{Lb}$$

**Elaborado por:** Katherine Carrera
**Realización del ensayo:** Laboratorio de Petróleos-Universidad de Guayaquil

## Anexo 6 Ensayos Utilizados

### 1) Determinación de Densidad API

**Equipos y materiales**

- Probeta graduada de 500ml.
- Hidrómetro 3H (Rango: 19-31 ºAPI).
- Termómetro ASTM 12F.
- Termohidrómetro 74H (Rango: 29-41 ºAPI).

**Norma**

Método ASTM D-6822
Método NTE INEN 2319

**Procedimiento**

1) Verter la muestra dentro de la probeta limpia
2) Colocar la probeta que contiene la muestra en un lugar libre de corriente de aire
3) Sumergir el Hidrómetro o Termohidrómetro suavemente dentro de la muestra
4) Cuando, el Hidrómetro o Termohidrómetro ha quedado inmóvil, flotando libremente y la temperatura de la muestra, es constante tomar la lectura hasta la más próxima media

división de la escala; en el caso de usar el Hidrómetro, leer la temperatura con un termómetro 12F.

**FIGURA 1 DETERMINACIÓN DE DENSIDAD API**

**Fuente:** Katherine Carrera

**2) Ensayo de Destilación ASTM**

**Equipos y Materiales**

- Balón de destilación.
- Equipo de Destilación.
- Probeta graduada de 100ml.
- Termómetro ASTM 8C (-2 a 400°C).

**Norma**

Método ASTM D 86
Método NTE INEN 926

**Procedimiento**

1) Se mide la muestra de 100ml con la probeta.
2) Se pasa al balón.
3) El termómetro provisto de un corcho, se ajusta firmemente.
4) Se coloca el balón y se inserta el tubo de salida de los vapores, al condensador.
5) Se coloca la probeta en que se midió a la salida del tubo del condensador.
6) Se aplica calor a velocidad uniforme regulado, de tal manera que la primera gota de condensado caiga del condensador en no menos de 5 minutos ni más de 10 minutos.
7) Después de la primera gota, se mueve la probeta de tal modo que el extremo del tubo del condensador toque la pared de la probeta.

8) Se ajusta el calentamiento de tal modo que la destilación continúe a una velocidad uniforme, no menor de 4ml/min, ni mayor de 5 ml/min.
9) La temperatura final es la temperatura máxima que se observa en el termómetro.
10) El residuo enfriado se vacía a una probeta y el volumen se anota como residuo.

**FIGURA 2 INICIO DEL ENSAYO DE DESTILACIÓN ASTM**

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 3 FINALIZACIÓN DEL ENSAYO DE DESTILACIÓN ASTM**

**Fuente:** Katherine Carrera

**3) Corrosión sobre la lámina de cobre**

**Equipo y Materiales**

- Tubo de ensayo
- Bomba
- Baño de aceite o de agua
- Termómetro

- Tiras de cobre
- Lija de carburo de silicio
- Iso - octano
- Tabla

**Norma**

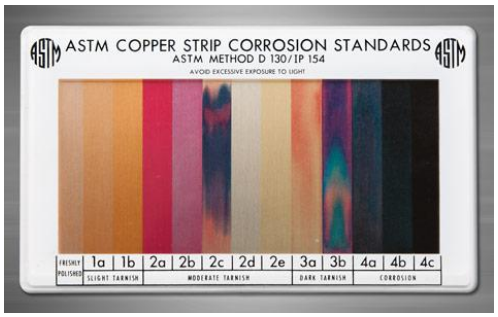
Método ASTM D-130

Método NTE INEN 927

**Procedimiento**

1) Pulir la lámina de cobre, con una lija de carburo de silicio.
2) Lavar con iso octano.
3) Con una pinza, coger y secar, con papel filtro.
4) Colocar, 30cc de la muestra, en el tubo e introducir la tira de cobre.
5) Poner en la bomba.
6) Colocar en el baño de agua y calentar.
7) Retirar
8) Enfriar
9) Abrir
10) Con una pinza, sacar la lámina de cobre.
11) Lavar con iso octano.
12) Comparar con la Tabla.

**FIGURA 4 ESTÁNDAR CORROSIÓN SOBRE LA LÁMINA DE COBRE**

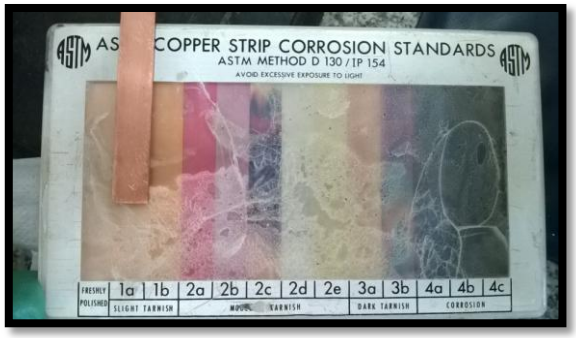



**Fuente:** Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test ASTM D-130

**FIGURA 5 MUESTRA DE ENSAYO CORROSIÓN SOBRE LÁMINA DE COBRE**

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 6 RESULTADO DE ENSAYO CORROSIÓN SOBRE LÁMINA DE COBRE**




**Fuente:** Katherine Carrera

## 4) Punto de Inflamación

### Equipos y Materiales

- Equipo Pensky Martens
- Copa de prueba
- Fuente de calor
- Fuente de ignición
- Agitador y cubierta
- Termómetro 9C( 5+110ºC)

**Norma**

NORMA ASTM D 93

Método NTE INEN 1493

**Procedimiento**

1) Llenar la copa hasta el enrase.
2) Aplicar el calentamiento de manera que el incremento en la temperatura de la muestra sea de 5 a 9ºC (9 a 11ºF) por minutos.
3) Aplicar la fuente de ignición.
4) Registrar el punto de inflamación observado, la temperatura en el momento en que la llama cause un destello de luz dentro de la copa.

**FIGURA 7 PUNTO DE INFLAMACIÓN COPA CERRADA**

**Fuente:** Katherine Carrera

**5) Viscosidad cinemática.**

**Equipos y Materiales**

- Viscosímetros capilares
- Sujetadores del viscosímetro
- Baño del viscosímetro (aceite mineral).
- Termómetro
- Cronómetro.
- Pera de succión.

**Norma**

NORMA ASTM D 445
NORMA NTE INEN 810

**Procedimiento**

1) Mantener el baño a la temperatura del ensayo.
2) Colocar el termómetro en el baño.
3) Fíltrese una porción de la muestra de aceite a través de un tamiz de 200 mallas o de cualquier otro filtro adecuado, para eliminar partículas sólidas.
4) Cargar el viscosímetro
5) Dejar que el viscosímetro cargado permanezca en el baño un tiempo o suficientemente largo para alcanzar la temperatura de ensayo, este tiempo puede ser de 30 minutos.
6) Con la muestra fluyendo libremente, medir el tiempo requerido que el menisco pase desde la primera a la segunda marca registradora del tiempo.

**FIGURA 8 ENSAYO DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA**

**Fuente:** Katherine Carrera

**6) Índice de Cetano Calculado.**

**Equipos y Materiales**

- Cálculos en Hoja Excel.

**Norma**

Método ASTM D 976
Método NTE INEN 1495

**Procedimiento**

1. Realizar los ensayos: Destilación de productos del petróleo (Norma ASTM D-86) y Densidad API (Norma ASTM D-6822).
2. Corregir la temperatura del 50% volumen de destilado.
3. Corregir la densidad API a 60°F.

4. Utilizar la fórmula establecida para el calculo.

**7) Contenido de Azufre**

**Equipos y Materiales**

- Analizador de Azufre Oxford LAB-XL
- Celdas

**Norma**

ASTM D 4294

**Procedimiento**

1. Armar la celda correctamente. Colocar el plástico de manera que quede sin ninguna arruga.
2. Verter la muestra en la celda hasta la línea de aforo y taparla.
3. Introducir la celda en el equipo.
4. Seleccionar el rango, la posición de la celda, identificamos la muestra, y oprimimos la tecla enter para iniciar la corrida.
5. Imprimir el valor reportado.
6. Retirar la celda del equipo.

**FIGURA 9 ENSAYO CONTENIDO DE AZUFRE**

**Fuente:** Katherine Carrera

**8) Determinación de agua y sedimento**

**Equipos y Materiales**

- Balón de 800 ml
- Manta Calefactora
- Xileno

**Norma**

Método ASTM D 95

**Procedimiento**

1. Colocar la muestra en el balón
2. Adicionar xileno para la realización del ensayo
3. Someter a calentamiento.
4. Medir el volumen de agua si es notorio o reportar en 0% de no haber fases

**FIGURA 10 ENSAYO DE CONTENIDO DE AGUA**

**Fuente:** Katherine Carrera

**9) Determinación de agua y sedimento por centrífuga.**

**Equipos y Materiales**

- 2 Tubos de centrífuga de 100ml
- Centrífuga

**Norma**

Método INEN 1494

**Procedimiento**

1. Colocar exactamente en los tubos de centrifuga 100 ml en cada tubo.

2. Colocar los tubos llenos en portatubos opuestos para mantener el equilibrio y hacer girar la centrífuga durante 10 minutos a la velocidad de 1660 rpm. Presionar start.
3. Leer y anotar el volumen total de agua y sedimento en el fondo de los tubos.

**FIGURA 11 LLENADO DEL TUBO DE CENTRÍFUGA EN EL ENSAYO DE CONTENIDO DE AGUA Y SEDIMENTO POR CENTRÍFUGA**

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 12 VISUALIZACION DEL RESULTADO EN EL ENSAYO DE CONTENIDO DE AGUA Y SEDIMENTO POR CENTRÍFUGA**

**Fuente:** Katherine Carrera

**10) Determinación de Residuo Carbón Conradson**

**Equipos y Materiales**

- Crisol de porcelana
- Mechero
- Equipo para la determinación de residuo de carbón Conradson

**Norma**

Método NTE INEN 1491

**Procedimiento**

1. Continuar la destilación hasta que se haya recogido 178 cm3 de la muestra, quitar el calor y permitir al condensador drenar hasta obtener 180 cm3 en la probeta (90 % de la carga del balón).
2. Remplazar inmediatamente la probeta por un balón Erlenmeyer pequeño para terminar de recoger cualquier cantidad de condensado que pueda drenar. Este contenido representa el 10 % del residuo de destilación del producto original.
3. El residuo de destilación (10%) esté lo suficientemente caliente como para fluir libremente, trasferir aproximadamente 10 ± 0,5 g de éste en el crisol previamente pesado para usarse en el ensayo de residuo de carbón.
4. Dejar enfriar el resido a temperatura ambiente y posteriormente, pesar con una precisión de 5 mg .
5. Colocar sobre un trípode de hierro el triángulo de alambre y sobre éste el aislador. Centrar el crisol de lámina de hierro en el aislador, con el fondo descansando sobre la parte superior del triángulo y tapar todo el conjunto con la campana de lámina de hierro, para que el calor se distribuya uniformemente durante el ensayo
6. Con el mechero calentar con una llama alta y fuerte
7. Cuando la combustión de los vapores haya terminado y no se observen humos azules, reajustar el mechero y calentarlo como al principio, hasta que el fondo y la parte inferior del crisol de lámina de hierro adquieran un color rojo cereza; mantenerlo así durante siete minutos exactamente.
8. Retirar el mechero y dejar enfriar el equipo hasta que no se observe humo y quitar las tapas de los crisoles (aproximadamente 15 minutos). Sacar el crisol de porcelana o sílice con pinzas previamente calentadas y colocarlo en el desecador, enfriar y pesar. Calcular el porcentaje de residuo de carbón sobre la muestra original.

**FIGURA 13 INICIO DEL ENSAYO DETERMINACIÓN DE RESIDUO CARBON CONRADSON**

**Fuente:** Katherine Carrera

**11)Determinación de Cenizas**

**Equipos y Materiales**

- Mechero
- Crisol de porcelana
- Mufla

**Norma**

Método NTE INEN 1492

**Procedimiento**

1. Calentar el crisol o el recipiente de evaporación a una temperatura comprendida entre 700 y 800°C durante por lo menos 10 minutos; dejarlo enfriar a temperatura ambiente dentro de un recipiente apropiado y pesarlo con una precisión de 0,1 mg.
2. Calentar el residuo dentro de la mufla a 775 ± 25 °C, hasta eliminar todo el material carbonoso. Enfriar el crisol a temperatura ambiente en un recipiente adecuado y pesarlo con una apreciación de 0,1 mg.

**12) Determinación de Color ASTM**

**Equipos y Materiales**

- Colorímetro
- Standard Glass Sample Jar

**Norma**

Método ASTM1500

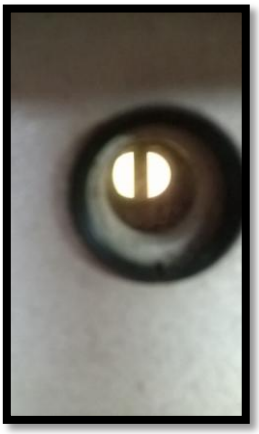
**Procedimiento**

1. Llenar el recipiente de la muestra hasta el enrase.
2. Llenar el segundo recipiente con la muestra de referencia (agua) hasta el enrase
3. Encender el equipo
4. Ajustar con la perilla que el color de las dos muestras sea similar y anotar el número.

**FIGURA 14 COLOCACIÓN DE LA MUESTRA PATRON PARA EL ENSAYO DE COLOR ASTM**

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 15 VISUALIZACIÓN DEL ENSAYO DE COLOR ASTM**



**Fuente:** Katherine Carrera

**13) Poder Calorífico.**

**Equipos y Materiales**

Materiales:

- Muestra de combustible
- Oxígeno
- Agua
- Alambre de ignición

Instrumentos:

- Balanza digital
- Termómetros de mercurio (Rango: 20,9 a 27,1 [°C], apreciación: 0,01 [°C] y rango: -10 a 100 [°C] )
- Prensa manual de tornillo

Equipos:

- Bomba calorimétrica

**Norma**

ASTM D-240

**Procedimiento**

1. En una cápsula de acero pesar 1 g de muestra.
2. Hacer un arreglo a manera de trenza con un hilo fusible en el alambre de ignición. Verificar que exista el contacto entre el alambre, el hilo y la muestra.
3. Colocar la tapa interna en el calorímetro poniendo seguro en la cavidad del calorímetro. Cerrar la tapa exterior del calorímetro.
4. Realizar una purga a 15, luego colocar oxigeno a 25
5. Colocar la bomba en el recipiente contenedor de agua
6. Conectar los interruptores, y la tapa que contiene el agitador
7. Registrar la temperatura inicial
8. Activar la ignición
9. Tomar la máxima temperatura esperar que a decaer
10. Dar por terminado el ensayo, retirar la bomba
11. Medir el alambre sobrante y realizar los cálculos correspondientes mediante fórmula.

**FIGURA 16 MUESTRA PARA EL ENSAYO DE PODER CALORÍFICO**

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 17 BOMBA CALORIMÉTRIA EN EL BAÑO DE AGUA**

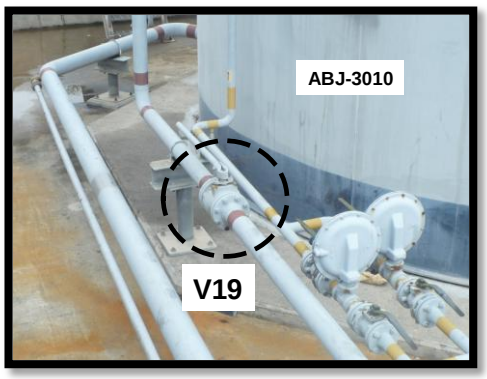
**Fuente:** Katherine Carrera

**Anexo 7 Fotografías en la Planta Procesadora de Gas Natural Bajo Alto**

**FIGURA 18 VISTA GENERAL DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CONDENSADO**

**Fuente:** Petroamazonas

**FIGURA 19 VÁLVULA DE INGRESO DE CONDENSADOS AL TANQUE ABJ 3010 Y ABJ 3020**



**Fuente:** Petroamazonas

**Anexo 8 Fotografías en la Plataforma Amistad**

**FIGURA 20 PLATAFORMA AMISTAD**

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 21 TOMA DE MUESTRA DEL HIDROCARBURO CONDENSADO DEL SEPARADOR**

**Fuente:** Katherine Carrera

**Anexo 9 Prueba de Consumo en Motor a Diesel combustión interna.**

**(SECAP)**

**FIGURA 22 PRUEBA DE LA MEZCLA 25% HIDROCARBURO CONDENSADO / 75% DIESEL 2**

.

**Fuente:** Katherine Carrera

**FIGURA 23 MOTOR DIESEL DE COMBUSTIÓN INTERNA NISSAN 2.8**

**Fuente:** Katherine Carrera

## Anexo 10 Reporte de Análisis de Azufre en Equipo OXFORD LAB-X3500SCL

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
[illegible] 14:[illegible]
Nombre Calibracion: Low S: [illegible]
Muestra: COND
[illegible] cps
Muestra COND = 4107 mg/kg S

MANUAL
High S: 0 1 5%
Ultima cerat 10/3/2016 11:46
OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:15
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: COND
2225 cps
Muestra COND = 0 458 Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:22
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: MEZCLA9010
1006 cps
Muestra MEZCLA9010 = 0 167 Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:26
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: MEZCLA7030
[illegible] cps
Muestra MEZCLA7030 = 0 346 Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:30
Nombre Calibracion: [illegible]

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:35
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: MEZCLA3070
[illegible] cps
Muestra MEZCLA3070 = 0 [illegible] Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:30
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: MEZCLA2575
1015 cps
Muestra MEZCLA2575 = 0 144 Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:42
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: MEZCLA1090
730 cps
Muestra MEZCLA1090 = 0 072 Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:45
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: CONDGN
2448 cps
Muestra CONDGN = 0 510 Mass % S

OXFORD LAB X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:48
Nombre Calibracion: High S: 0 1-5%
Muestra: MEZCLA9010

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 14:57
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA7030
1306 cps
**********
Muestra MEZCLA7030 = 0.347 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:02
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA5050
1460 cps
**********
Muestra MEZCLA5050 = 0.257 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:05
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA3070
1149 cps
**********
Muestra MEZCLA3070 = 0.178 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:10
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA2575
1042 cps
**********
Muestra MEZCLA2575 = 0.151 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:14
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA1090
833 cps
**********
Muestra MEZCLA1090 = 0.090 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:20
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA9010
2226 cps
**********
Muestra MEZCLA9010 = 0.461 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:25
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: MEZCLA8010
2164 cps
**********
Muestra MEZCLA8010 = 0.442 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:29
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: CONDOM2575
1667 cps
**********
Muestra CONDOM2575 = 0.311 Mass % S
**********

OXFORD LAB-X 3500SCL
REPORTE DE ANALISIS
7/6/2016 15:33
Nombre Calibracion: High S: 0.1-5%
Muestra: CONDOM2575
1655 cps

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**
**CARRERA INGENIERIA QUIMICA**

Guayaquil, 23 de Septiembre del 2016.

# CERTIFICACION

La Srta. **KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**, con C.I. **0930289756** egresada de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, realizó los ensayos de caracterización en el Laboratorio de Petróleos de la Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil, de su tesis de grado con el tema **"Caracterización y determinación de la calidad del Hidrocarburo Condensado que se obtiene en la extracción del Gas Natural en el campo Amistad Bloque 6 operado por Petroamazonas EP, con fines para ser usado como combustible"** desde el 9 de Marzo hasta el 15 de Septiembre del 2016, cumpliendo con sus objetivos propuestos.

La Srta. en mención puede hacer uso del presente, según estime conveniente.

Atentamente,

---

Ing. Sandra Peña Murillo, MSc.
Directora de Carrera de Ingeniería Química.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Guayaquil, 11 de agosto de 2016

# CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certifico que la Srta. **KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**, con cédula de identidad No. 0930289756, realizó prácticas en el Laboratorio de Petróleo de la Facultad de Ingeniería Química y las pruebas para desarrollar el tema de tesis titulado **"Caracterización y Determinación de la Calidad del hidrocarburo condensado que se obtiene en la extracción del gas natural en el Campo Amistad Bloque 6 operado por Petroamazonas EP, con fines para ser usado como combustible"** durante el periodo comprendido desde 9 de marzo 2016 hasta el 10 de agosto 2016. Demostrando durante su permanencia responsabilidad, honestidad y dedicación en las tareas a ella encomendadas.

La suscrita puede hacer uso de éste certificado, cuantas veces lo estime necesario.

**Ing. Elizabeth García Piloso**
**Directora Técnica**
**Laboratorio de Petróleo**

PETROECUADOR

Guayaquil, 8 de Agosto de 2016.

# CERTIFICACIÓN

La Srta. **KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**, con C.I. **0930289756** egresada de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, realizó los ensayos de caracterización en el Laboratorio de Control de Calidad EP Petroecuador Terminal Pascuales, de su tesis de grado con el tema **"Caracterización y Determinación de la Calidad del Hidrocarburo Condensado que se obtiene en la extracción del Gas Natural en el campo Amistad Bloque 6 operado por Petroamazonas EP, con fines de ser usado como combustible"** desde el 14 de Marzo hasta el 8 de Julio del 2016, cumpliendo con sus objetivos propuestos.

La Srta. en mención puede hacer uso del presente, según estime conveniente.

Atentamente,

Ing. Marcos Intriago Saquicela
Jefe del Laboratorio de Control de Calidad Sur
EP Petroecuador - Terminal Pascuales

Agencia de
Regulación y Control
Hidrocarburífero

Guayaquil, 8 de Agosto de 2016.

# CERTIFICACION

La Srta. **KATHERINE LISBETH CARRERA CAICHO**, con C.I. **0930289756** egresada de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, realizó el ensayo de Determinación del contenido de Azufre en el Laboratorio de control de calidad de combustibles ARCH Terminal Pascuales, de su tesis de grado con el tema **"Caracterización y determinación de la calidad del Hidrocarburo Condensado que se obtiene en la extracción del Gas Natural en el campo Amistad Bloque 6 operado por Petroamazonas EP, con fines para ser usado como combustible"** desde el 14 de Marzo hasta el 8 de Julio del 2016, cumpliendo con sus objetivos propuestos.

La Srta. en mención puede hacer uso del presente, según estime conveniente.

Atentamente,

Ing. Adriana Olvera Ortiz
Técnico Laboratorio de Control de Calidad
ARCH - Terminal Pascuales