



**EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS
COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL**

Sandra Emperatriz Peña Murillo
Sandra Elvira Fajardo Muñoz
Eddie Manuel Zambrano Nevárez
Galo Jaime Paez Gracia
Carlos Alberto Muñoz Cajiao



EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Sandra Emperatriz Peña Murillo
Sandra Elvira Fajardo Muñoz
Eddie Manuel Zambrano Nevárez
Galo Jaime Paez Gracia
Carlos Alberto Muñoz Cajiao

**EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS
COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL**

Título original:
EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS
COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD
DE GUAYAQUIL

Primera edición: febrero 2020

© 2020, Sandra Emperatriz Peña Murillo
Sandra Elvira Fajardo Muñoz
Eddie Manuel Zambrano Nevárez
Galo Jaime Paez Gracia
Carlos Alberto Muñoz Cajiao
Publicado por acuerdo con los autores.
© 2020, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-176-2

Cita.

S. Peña, S. Fajardo E. Zambrano G. Paez, C. Muñoz. (2020) EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE LOS COMBUSTIBLES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 137 pag

PROLOGO

Actualmente en el Ecuador se comercializa en gran cantidad tres tipos de combustibles que son la gasolina súper, gasolina eco país y diésel, las cuales siguen un riguroso control desde su procesamiento hasta su distribución, pero no siempre se realiza controles de calidad en todas las estaciones de servicios del país, por lo que se ha conocido por los medios de comunicación, que en algún momento han adulterado el combustible para aumentar su volumen, lo cual genera daños al motor del vehículo al modificar su rendimiento y dañan la imagen de las gasolineras en general, con fines educativos se realizó la caracterización de los combustibles nombrados anteriormente con muestras tomadas estratégicamente en varias estaciones de servicio de la ciudad de Guayaquil, para conocer la calidad de los tres combustibles más expendidos en el sector; y a su vez para complementar los métodos instrumentales y convencionales vistos en clases, dichas prácticas se realizaron en el laboratorio de Petróleo (académico) de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil.

En la actualidad, los vehículos particulares, público y colectivos son aquellos que presentan más demanda con respecto a los combustibles líquidos, en específico la gasolina súper, gasolina Ecopaís y diésel; los cuales debido a su gran demanda son necesarias para el funcionamiento y movimiento de los respectivos vehículos.

Por tal motivo el presente libro se enfoca en la caracterización de los combustibles líquidos mencionados con anterioridad, con el fin de conocer los caracteres que presenta (viscosidad, densidad, corrosión, etc.), con la aplicación de la norma ASTM e INEN.

De esta forma, utilizando la metodología correspondiente se pretende verificar si los combustibles, utilizados en la ciudad de Guayaquil, cumplen con las normativas ASTM e INEN, o en su efecto no las están cumpliendo; provocando que los vehículos sean afectados e incluso lleguen a representar un problema causando daños en el motor.

Además, mediante la caracterización se puede verificar si se está llevando un control respectivo e incluso si sus valores obtenidos se encuentran dentro del rango de las normas establecidas y asimismo poder verificar que el combustible no se encuentre contaminado. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo diferentes tipos de análisis para conocer su estado y calidad.



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
5. MARCO TEÓRICO	11
5.1. DEFINICIÓN DE GASOLINA.....	12
5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA SÚPER	15
5.3. CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA ECO.....	16
5.4. CARACTERIZACIÓN DEL DIÉSEL	17
5.5. NORMA NTE INEN 935 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO PARA GASOLINAS	18
5.6. NORMA NTE INEN 1489:2012 SÉPTIMA EDICION. DIÉSEL.....	20
6. METODOLOGÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	22
6.1. Diseño Experimental.....	22
6.2. Punto de Inflamación copa cerrada	25
6.3. Destilación	27
6.4. Contenido de agua por destilación	31
6.5. Viscosidad cinemática	33
6.6. Corrosión a la lámina de cobre	34
6.7. % de Residuo Carbonoso	36
6.8. % de Ceniza	39
6.9. Índice de cetano calculado	40
DATOS EXPERIMENTALES	42
GASOLINA ECOPAÍS.....	42
Gravedad API	42
- AZUFRE LIBRE Y CORROSIVO EN LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO: CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE	43
VAPOR REID	48
Destilación NORMA ASTM D-86	51
GASOLINA SÚPER	56
- Gravedad API.....	56
- AZUFRE LIBRE Y CORROSIVO EN LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO: CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE	57
VAPOR REID	61

DIÉSEL	69
<i>Gravedad API</i>	69
- <i>Poder calorífico</i>	70
AZUFRE LIBRE Y CORROSIVO EN LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO: CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE	72
- <i>Punto de inflamación NORMA ASTM D-93</i>	77
- <i>Viscosidad Cinemática</i>	78
- <i>Residuo Carbonoso del Diésel al 10%</i>	78
CÁLCULOS	88
GASOLINA SÚPER 92 OCTANOS	88
Vapor Reid.....	88
Destilación	90
GASOLINA ECOPAIS.....	93
VAPOR REID	93
Destilación	95
DIÉSEL	98
- <i>Viscosidad Cinemática</i>	98
□ <i>Viscosidad Saybolt</i>	98
- <i>Residuo Carbonoso</i>	99
= <i>Ceniza</i>	99
- <i>Agua por destilación</i>	100
- <i>Índice de cetano</i>	101
- <i>Destilación</i>	101
RESULTADOS.....	103
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	105
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	108
ABREVIATURAS	110
BIBLIOGRAFÍA	111



1. INTRODUCCIÓN

Desde los últimos tiempos “La industria petrolera nacional se ha esforzado por cumplir los requerimientos de calidad exigidos por los clientes, lo cual le ha permitido colocarse a la vanguardia como un proveedor de productos confiables de alta calidad y ventajas en el mercado nacional e internacional. Los métodos ASTM cubren todos los materiales que se utilizan en la industria y el comercio. Dentro de la ASTM existen comités que se especializan en las especificaciones y pruebas que se refieren a los productos de cada una de las grandes ramas industriales conocidas industria metalmeccánica, industria del cemento y cerámica, industria petrolera entre otras. En un principio, el método utilizado para medir y controlar la calidad de los derivados de los derivados del petróleo constituyó procedimientos empíricos que se adaptan a las necesidades locales de una organización o de una zona. Luego, con la expansión y tecnificación de la industria petrolera se hizo necesario normalizar dichos métodos, en forma tal que pudiesen ser utilizados e interpretados en forma amplia y universal”. (Carrizales, 2012).

La caracterización de los derivados del petróleo es de real importancia porque permiten unir en una frase los dos caminos que convergen en la evaluación tecnológica de un derivado del crudo, el de la ingeniería de productos con su objetivo de calidad y el de la ingeniería de procesos con las realidades que impone la existencia de tecnologías o el costo de procesamiento. Considerando el aspecto estratégico, la definición anterior debe ser ampliada porque su objetivo es la optimización de la utilización de la materia prima en estudio, contemplando la integración de todas las áreas de la industria petrolera, y de las distintas rentabilidades que las mismas poseen a través de la caracterización de los derivados del petróleo lo cual permite verificar la calidad y la seguridad con la que se maneja y comercializa estos productos basándose en dos normas principales que son Norma ASTM y las NTE INEN vigentes en el Ecuador, que permiten guiar cualquier análisis encaminado en el manejo y caracterización de hidrocarburos.

2. MARCO TEÓRICO

El petróleo es un líquido natural oleaginoso e inflamable, el cual se encuentra constituido por una mezcla de hidrocarburos, los cuales se presentan tanto en la naturaleza como en lechos geológicos marítimos y lechos geológicos continentales. Este líquido se presenta en diferentes estados tales como líquido, gaseoso o sólido, dichas fases pueden cambiar por el efecto del cambio tanto de la temperatura o de la presión. Entre las principales propiedades que posee el petróleo esta su consistencia líquida y espesa, su color oscuro, insoluble en agua, olor fuerte, inflamable, soluble en solventes orgánicos (*ServicioGeológicoMexicano, 2017*)

Los derivados del petróleo son productos procesados en una refinería, la cual se usa como materia prima el petróleo, el cual se calienta en una caldera a 400 °C para después ser destilado y separado (Cracking). La producción de los derivados de dicha materia prima va a depender de la composición del crudo y además de su demanda, la que en mayor cantidad se obtiene del crudo es la gasolina y las naftas, la primera se utiliza como fuente de energía. La gasolina líquida que se obtiene es fabricada para aviación y automóviles. Otro de los productos que se generan a partir del petróleo son el keroseno (utilizado como disolvente en calefacciones, motores, turbinas, etc.), el gasóleo o Diésel (utilizado en el transporte público por su costo inferior a la gasolina), el Fuelóleo (Combustible pesado utilizado en hornos a gas, plantas de energía eléctrica, calderas, embarcaciones marítimas), Bencina o éter de petróleo (se utiliza en la fabricación de disolventes y como diluyente para ceras, betún, productos de limpieza e industriales), gases de petróleo (en su gran mayoría butano y propano), los lubricantes (utilizados para aceites de maquinarias, motores y como grasa), aceites (sirven de lubricantes y grasas), asfalto, aditivos, plásticos, telas sintéticas, caucho, gomas y látex, vaselinas, pinturas, recubrimientos e impermeabilizantes, jabones, cosméticos, perfumes y tintes, ceras (utilizados en envases de alimentos congelados), parafinas (utilizada para la elaboración de velas y similares). (*Blanco, 2015*)

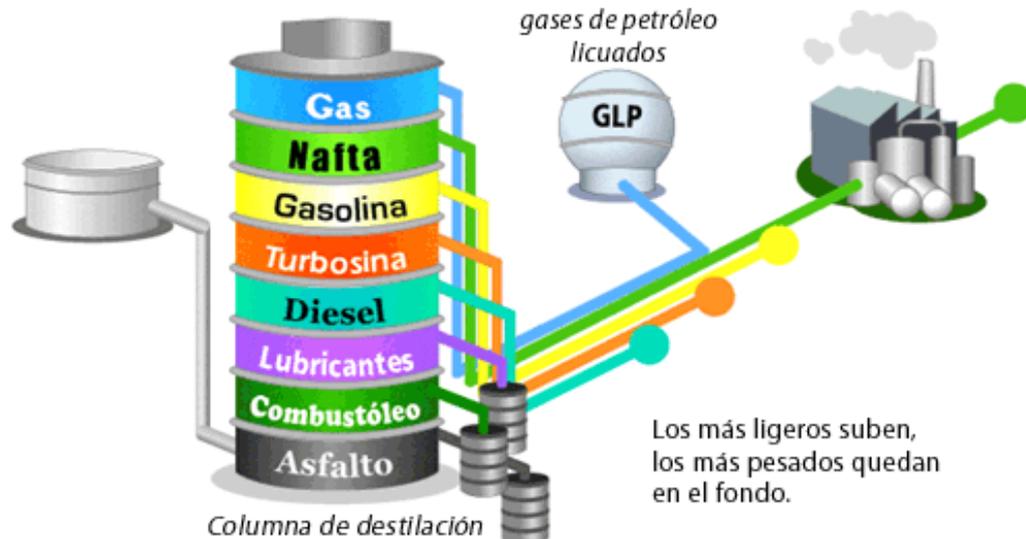


Ilustración 1 Productos obtenidos en la refinación del crudo
Imagen tomada de: (engineerchm, 2016)

La obtención de los derivados del petróleo depende de la calidad del petróleo que se ha extraído de los pozos petroleros, por ello los subproductos que se obtengan a través de ellos marcará la diferencia de calidad de estos. La importancia de dichos derivados se basa en la dependencia que actualmente el hombre tiene, que sin ellos se volvería a la edad de piedra. Actualmente, el 60% de requerimientos de energía se dan con el petróleo, mientras que el 40% de otras fuentes como lo es agua, sol, carbón y viento. (Arreaga, 2016).

La caracterización de los derivados del petróleo va a permitir la comprobación de ellos, para así su posterior uso y venta no perjudiquen a quienes lo vayan a utilizar, los resultados de la caracterización deberán cumplir o estar dentro de los rangos que se encuentran establecidos por las normas INEN y las normas ASTM. Entre la caracterización más importantes que se dan esta la composición química, la densidad y la presencia de azufre, además de otras caracterizaciones se encuentran por el carácter dominante de las propiedades físicas globales como lo son los valores de densidad de una fracción ligera y pesada, el factor de caracterización Koup, su índice de refracción, su peso molecular, también se dan a partir de análisis estructurales como el análisis por series de hidrocarburos, distribución de átomos de carbono. (unam, 2017)

2.1. DEFINICIÓN DE GASOLINA

La gasolina es un líquido volátil e inflamable, compuesta por una mezcla de hidrocarburos, de color verdoso. La gasolina debe ser sometida a un

proceso de tratamiento, debido a que, en su estado natural, su octanaje y nivel de calidad es muy bajo. Entre las características principales de este derivado del petróleo es el índice de octanos (octanaje) el cual indica una característica del carburante relacionada con los motores de explosión y además de la resistencia a ser denotado prematuramente después de que se comprima dentro de un motor. Si el octanaje es menor a la presión que se utiliza, el motor reducirá bruscamente su rendimiento pudiendo provocar graves daños en el motor de los vehículos. (RO-DES, 2016)



Ilustración 2 Gasolinas con diferente octanaje
Imagen tomada de: (RO-DES, 2016)

El octanaje que posea la gasolina va a determinar la calidad y la capacidad de consumo, por lo que entre mayor grado de octanos posea la gasolina mejorara el rendimiento y la potencia del motor, además que va a disminuir el consumo de esta. En Ecuador en el año 2011, llegaron las primeras importaciones de gasolinas con 95 octanos, la cual fue mezclada y procesada con las que se tenía anteriormente, por ello la gasolina extra posee un grado de octanos de 81 a 87, mientras que la súper de 90 a 92 octanos, pero dicha gasolina no deja de ser contaminante debido a que produce emisiones de azufre en menor cantidad, el cual se reduce de 2000 a 600 ppm (partes por millón). (Gómez, 2012)

Las principales características que poseen las gasolinas se describen a continuación:

Tabla 1 Principales características de la gasolina

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
NÚMERO DE OCTANO	Relacionada con el rendimiento del motor del vehículo, de calidad antidetonante (habilidad para quemarse sin causar detonación)	90 -100 número de octanos
CURVA DE DESTILACIÓN	Composición de la gasolina, volatilidad y su presión de vapor.	10 % de destilación, $t_e < 70\text{ }^\circ\text{C}$, asegura la presencia de componentes volátiles para un fácil arranque en frío. 50 % de destilación, $t_e < 140\text{ }^\circ\text{C}$, asegura una volatilidad correcta y máxima potencia de aceleración del motor. 90 % de destilación, $t_e < 190\text{ y }225\text{ }^\circ\text{C}$, se evitan depósitos en el motor proporcionando un buen rendimiento del combustible.
VOLATILIDAD	Representa de forma indirecta el contenido de los componentes volátiles que brinda la seguridad para su transporte, almacenamiento.	0,7 - 0,85 mmHg.
CONTENIDO DE AZUFRE	Cantidad de azufre presente en el producto.	Si supera la norma establecida, la gasolina puede tener efectos corrosivos sobre las partes metálicas del motor y de los tubos de escape.
PESO ESPECÍFICO	Es importante para el proyectista del motor. Si es muy pesada da lugar a una mezcla demasiado rica o grasa, mientras que si es muy ligera provoca una mezcla muy pobre o magra.	Para la calidad súper es de 0,730 – 0,760. Par la calidad normal es de 0,710 – 0,740.

Obtenido de: (Perez, 2012)

Entre otras características se encuentran:

RESIDUO CARBONOSO	Aproximación de la tendencia del combustible para formar depósitos en vaporización de tipo olla y quemadores de tipo manguito
% CENIZAS	Conocimiento del producto para saber si es apropiado para una aplicación dada, además puede indicar impurezas indeseables o contaminantes.
VISCOSIDAD	Determina el tamaño de la gota que puede obtenerse con una tobera de inyector determinada, además del grado de automatización y la capacidad de penetración de la gota en el interior de la cámara.
CONTENIDO DE AGUA POR DESTILACIÓN	Determinar el límite solubilidad del agua en la gasolina, como medida de concentración de componentes miscibles con agua.
PUNTO DE INFLAMACIÓN	Determina el riesgo de incendio de líquidos y permite distinguir líquidos inflamables de líquidos combustibles.
ÍNDICE DE CETANO CALCULADO	Guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión.
PODER CALORÍFICO A TRAVÉS DE °API	Máxima cantidad de calor que puede obtenerse de los productos de la combustión completa.

Obtenido de: (Perez, 2012)

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA SÚPER

Actualmente Ecuador busca el cumplimiento del mejoramiento de la calidad en los terminales y refinerías de la EP (Petroecuador), por ello el compromiso del Gobierno Nacional ha buscado mejorar las propiedades de las gasolinas que se encuentran en venta en el país. La gasolina súper incrementó su octanaje de 90 a 92. (Petroecuador, 2018)

El incremento de los grados de octanos en la gasolina súper va a ofrecer algunos beneficios para lo que se refiere al funcionamiento del motor de los vehículos, entre los que se nombran a continuación:

Tabla 2 Beneficios de la gasolina súper por aumento del índice de octanos

BENEFICIOS DE OCTANAJE DE GASOLINA SÚPER	Alta compresión en los motores, aumentando el rendimiento de los mismos.
	Disminución de los costos para el mantenimiento de los vehículos.
	En cuanto se refiere a los motores, tendrán un mayor rendimientos y vida útil.
	Genera un beneficio ambiental, disminuyendo los gases de combustión no deseables.

Obtenido de: (Petroecuador, 2018)

La cantidad de azufre con la que actualmente cuenta la gasolina súper no está en los mejores niveles, debido a que según Petroecuador queda con 650 ppm de azufre (partes por millón), aunque en comparación con los demás años ha bajado considerablemente ya que se encontraba entre 1000 y 700 ppm, a pesar de que el límite tolerable es entre 350 y 500 ppm., cabe mencionar que el contenido de azufre es perjudicial por la contaminación que causa y además de provocar una combustión más tóxica, provocando el carcome de la piezas internas de los motores llegando al mal funcionamiento del motor. (UNIVERSO, 2014)

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA ECO

La gasolina Ecopaís es un biocombustible la cual se encuentra compuesta por un 5% de etanol el cual es proveniente de la caña de azúcar y del maíz y el restante del 95% es de la gasolina extra. El consumo de esta gasolina permite a la contribución del cuidado ambiental, además de la vida útil de los vehículos, debido a que el alcohol que contiene la gasolina ayuda a mantener limpio el motor. (Reyes, 2016)

La gasolina Ecopaís cumple con la norma de Calidad INEN que establece el octanaje entre 85-87 de grados de octanos, pero en cuanto a su

contenido azufre no se encuentra dentro de la norma debido a que el límite es de 350 - 500 ppm, pero se encuentra en 650 ppm de azufre. (Petroecuador, 2017)

2.4. CARACTERIZACIÓN DEL DIÉSEL

El diésel también llamado gasoil, es un hidrocarburo líquido que posee una densidad sobre 832 kg/m^3 , el cual se encuentre compuesto fundamentalmente por parafinas y es utilizado en su gran mayoría como combustible de calefacción y en motores diésel, posee un poder calorífico inferior de $43,1 \text{ MJ/kg}$ la cual va a depender de su composición que posea. El gasoil es un aceite pesado elaborado, contiene aditivos que ayudan a mejorar las cualidades y prestaciones de los motores, entre más calidad posea éstos, el vehículo tendrá mayor rendimiento a nivel de potencia y cuidado a los elementos que forman parte del circuito del vehículo. (RODES, 2016)

Existen varios tipos de diésel los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3 Descripción de los diferentes tipos de diésel

TIPOS DE DIÉSEL	DESCRIPCIÓN
GASÓLEO A	Considerado el de más alta calidad, adecuado para los vehículos de automoción, debido a que es el más refinado que los demás. Su nivel de azufre puede ser hasta 10 veces más limpio que el diésel convencional.
GASÓLEO B	Se usa de forma frecuente para maquinaria agrícola, vehículos autorizados y embarcaciones, contiene mayor cantidad de parafina que el de tipo A, por lo que puede solidificarse a bajas temperaturas, al ser menos filtrado puede provocar problemas en los motores de automóviles motocicletas.
GASÓLEO C	Es el más económico de los anteriores (Gasóleo A y B), la única función que tiene este combustible es generar calor debido a que contiene muchas impurezas y un elevado nivel de parafina, por lo que regularmente se lo utiliza en calderas de calefacción.

Obtenido de: (RODES, 2016)

El diésel que se comercializa en Quito según la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), indicó que, desde el 6 de marzo, la terminal de El Beaterio se ha despachado diésel con un promedio de azufre de 227 ppm (partes por millón). (Comercio, 2018).

2.5. NORMA NTE INEN 935 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO PARA GASOLINAS

A continuación, se muestran los requisitos que deben cumplir aquellas gasolinas que posean un octanaje de 87 (Ecopaís), y un octanaje de 92 (Gasolina Súper)

El transporte, almacenamiento y manejo de la gasolina debe realizarse de conformidad con lo establecido en NTE INEN 2266

Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Tabla 4 Requisitos que debe contener la gasolina de 87 octanos

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

Obtenido de: (INEN, 2016)

Requisitos de la gasolina de 92 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	92,0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35,0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	2,0	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	25,0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

Obtenido de: (INEN, 2016)

2.6. NORMA NTE INEN 1489:2012 SÉPTIMA EDICION. DIÉSEL

Requisitos para diésel bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012 Séptima revisión.

Tabla 5 Requisitos del diésel Premium

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Φ 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	%	-	0,05	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, $\Phi_{\text{Biodiésel}}$	%	---	5	EN 14078

NOTA. De no contener biodiesel, no es necesario la realización de este ensayo.

Obtenido de: (Quispe, 2017)

Tabla 6 Requisitos para el diésel N° 1

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	40	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Φ 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

Obtenido de: (Quispe, 2017)

Tabla 7 Requisitos del diésel N° 2

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
ϕ 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
Contenido de biodiésel, ϕBiodiésel	%	---	5	EN 14078

NOTA: De no contener biodiesel, no es necesario la realización de este ensayo.

Obtenido de: (Quispe, 2017)

El transporte, almacenamiento y manejo de los derivados de hidrocarburos deben realizarse de conformidad con lo establecido en la NTE INEN 2266, el reglamento de seguridad y operación para el transporte de combustibles en el Ecuador, el Reglamento para autorización de actividades de comercialización de combustibles líquidos derivados de petróleo y el Reglamento para ejecutar las actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta al público de los derivados del petróleo. (Quispe, 2017)

3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Diseño Experimental

En este trabajo la metodología a desarrollar es de carácter investigativo y experimental en el cual se tomará como guía las Normas ASTM e INEN correspondientes para realizar la respectiva caracterización a los derivados del petróleo como son la gasolina Ecopaís, la gasolina Súper y Diésel Premium. El diseño de la metodología experimental se desarrolla de acuerdo al siguiente esquema:

Gráfico 1 Diseño experimental de la caracterización del Diésel Premium

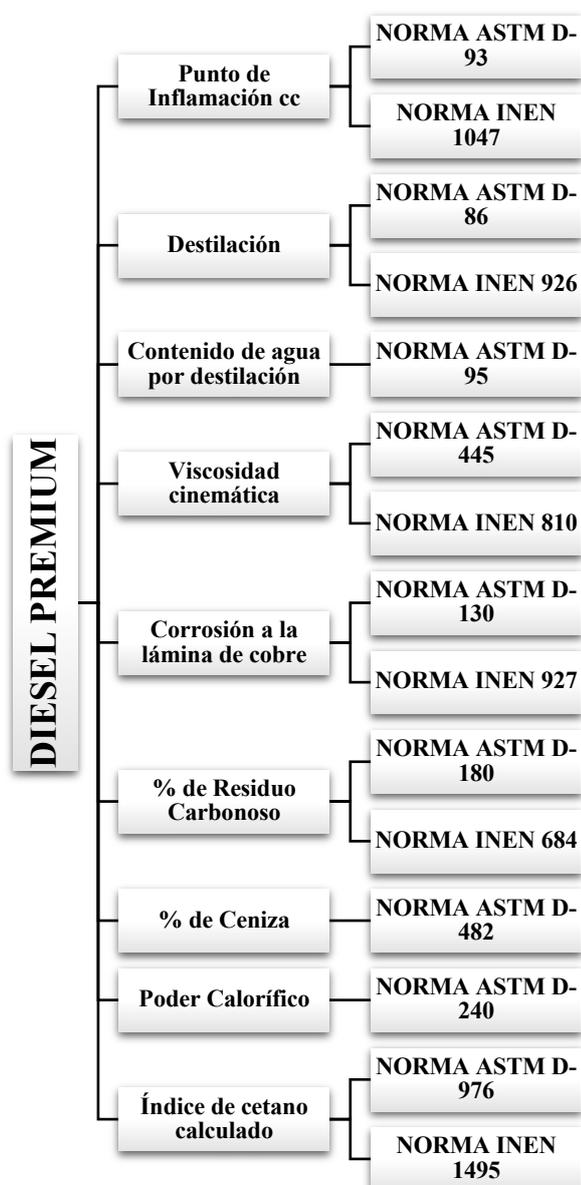


Gráfico 2 Diseño experimental de la caracterización de la Gasolina Súper

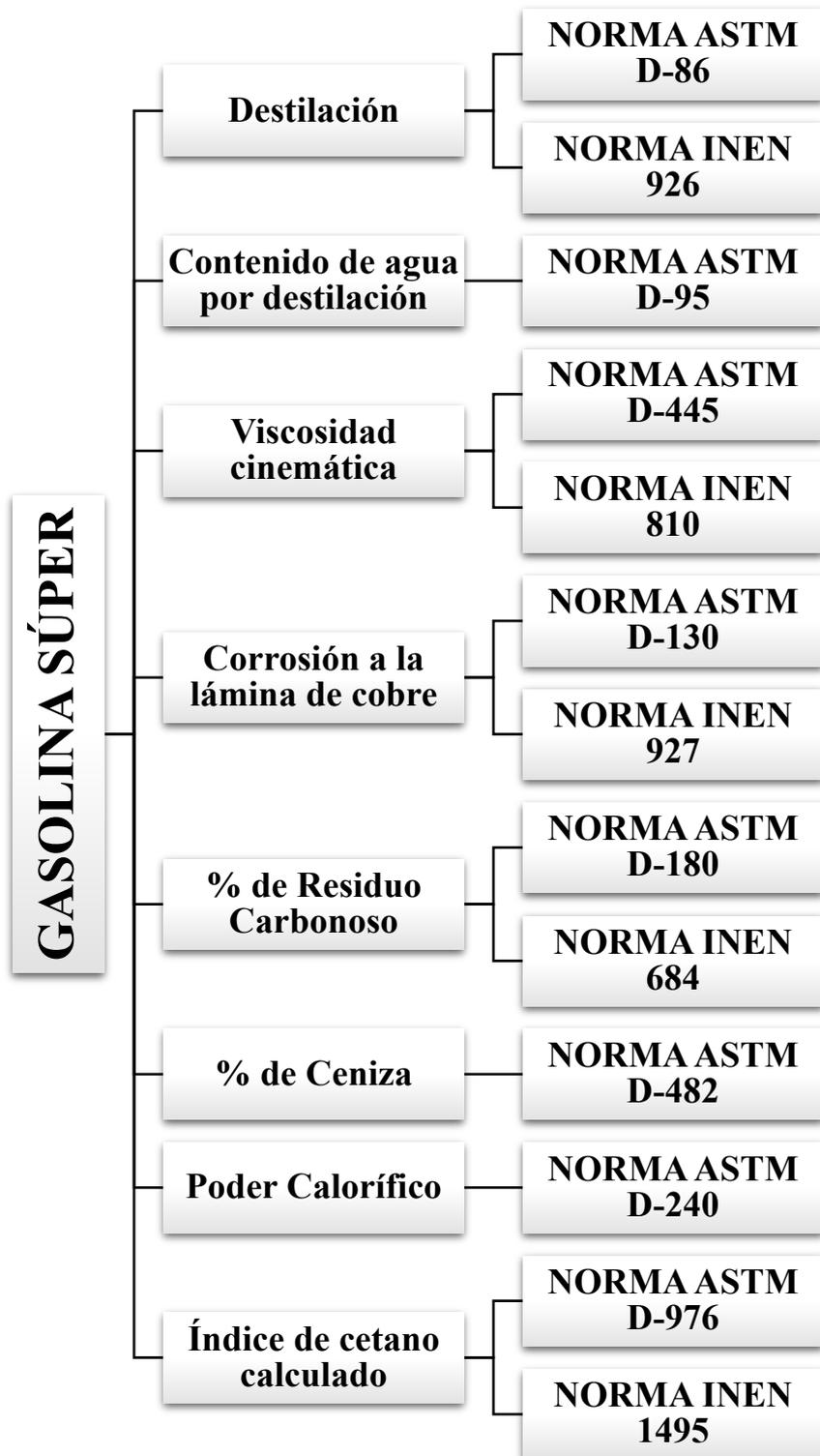
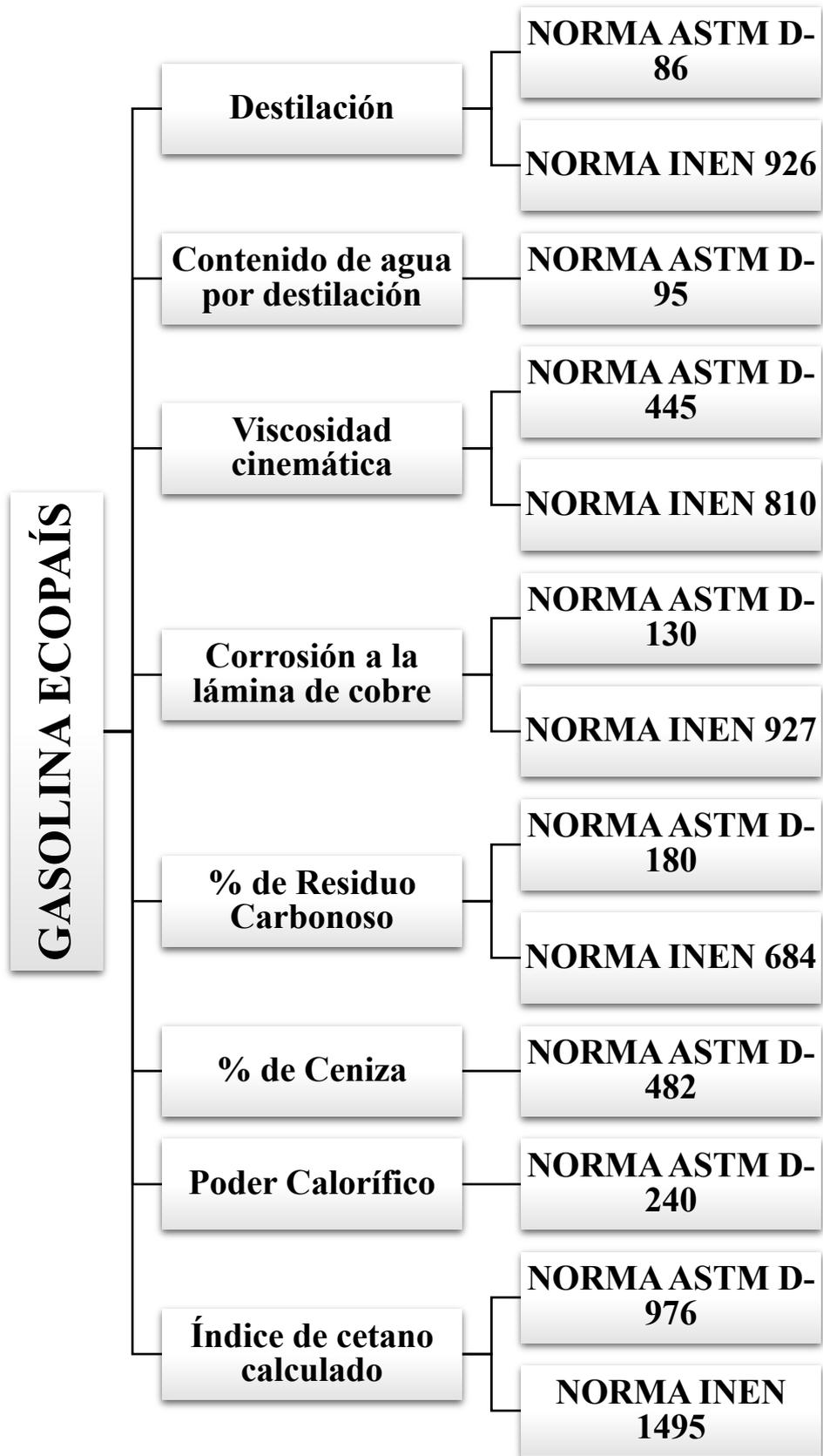


Gráfico 3 Diseño experimental de la caracterización de la Gasolina Ecopaís



Detalle de los métodos de ensayo a utilizar

3.2. Punto de Inflamación copa cerrada

NORMA ASTM D-93

NORMA INEN 1047

Alcance

Estos métodos de prueba cubren la determinación del punto de inflamación de los productos derivados del petróleo en el rango de temperatura de 40 ° C a 370 ° C mediante un aparato manual de copa cerrada Pensky-Martens o un aparato automático de taza cerrada Pensky-Martens, y la determinación del punto de inflamación del biodiesel en el rango de temperatura de 60 ° C a 190 ° C mediante un aparato automatizado de copa cerrada Pensky-Martens. (ASTM D93-18, 2018)

- El Procedimiento A es aplicable a combustibles destilados (diésel, mezclas de biodiesel, querosina, combustible para calefacción, combustibles para turbinas), aceites lubricantes nuevos y en uso, y otros líquidos de petróleo homogéneos no incluidos en el alcance del Procedimiento B o del Procedimiento C.
- El Procedimiento B es aplicable a combustibles residuales, residuos de residuos, aceites lubricantes usados, mezclas de líquidos de petróleo con sólidos, líquidos de petróleo que tienden a formar una película superficial en condiciones de prueba, o son líquidos de petróleo de una viscosidad cinemática tal que no son uniformes. Se calienta bajo las condiciones de agitación y calentamiento del Procedimiento A.
- El procedimiento C es aplicable al biodiesel (B100). Dado que un punto de inflamación del alcohol residual en el biodiesel es difícil de observar mediante técnicas de punto de inflamación manual, los aparatos automatizados con detección electrónica de puntos de inflamación han resultado adecuados.

Equipo y materiales

- El aparato Pensky-Martens copa cerrada manual
- Dispositivo de medición de temperatura

Tabla 8 Termómetros a usar en el método de acuerdo al rango de temperatura

Rango de Temperatura	Número de ASTM	Termómetro IP
-5°C hasta +110°C 20°F hasta 230°F	9C 9F	15C
+10°C hasta +200°C 50°F hasta 392°F	88C 88F	101C
+90°C hasta 370°C 200°F hasta 700°F	10C 10F	16C

- Fuente de Ignición
- Barómetro
- Tacómetro
- Cronometro

Procedimiento

De acuerdo a las características de la muestra se escogió el procedimiento A para desarrollar el ensayo.

Procedimiento A

1. Se procede a llenar la copa de prueba con la muestra a ensayar hasta el indicador de llenado dentro de la copa de prueba. Colocar la tapa sobre la copa de prueba e inserte el ensamblaje dentro del aparato. Asegurarse que la cerradura esté convenientemente engranada. Insertar el dispositivo de medición de temperatura
2. Comprobar que el termómetro a emplear en la determinación es el adecuado para el ensayo que se va a llevar a cabo (en este caso se empleará un termómetro ASTM 9F).
3. Conectar la tapa de la copa de ensayo al rotor adecuado de acuerdo a la velocidad de agitación necesaria (Procedimiento A, 90-120 rpm).
4. Comprobar el paso de gas y ajustar el tamaño de las llamas piloto y test a un diámetro aproximado de 4 mm, comprobando mediante la aplicación manual de llama que esta no se apaga con el movimiento derivado de dicha aplicación.
5. Aplicar la calefacción necesaria para conseguir una velocidad de calentamiento de entre 5- 6°C/min (9-11°F/min).

6. Comenzar a realizar aplicaciones de llama (detener la agitación para llevar a cabo la aplicación de llama) sobre la muestra a una temperatura $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ó $41 \pm 9^{\circ}\text{F}$ por debajo del punto de inflamación esperado cuando se ensayen muestras con punto de inflamación esperado inferior a 110°C ó 230°F .
7. Realizar aplicaciones de llama a intervalos de temperatura de 1°C ó 2°F . El tiempo de exposición de la llama no debe ser superior a 1s.
8. Anotar la temperatura a la que se observa la inflamación, con una precisión de $0,5^{\circ}\text{C}$ ó bien 1°F . (PMCC, 2013)

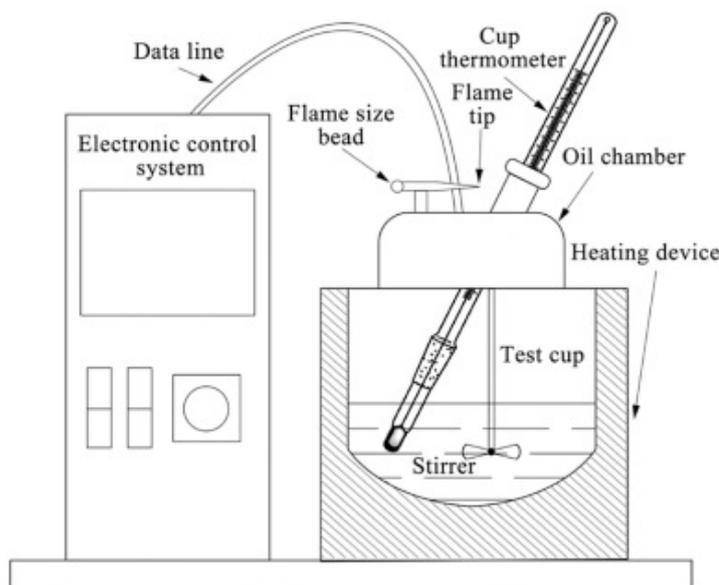


Ilustración 3 Diagrama del Equipo Pensky Martens de copa cerrada

3.3. Destilación

NORMA ASTM D-86

NORMA INEN 926

Alcance

Este método de prueba cubre la destilación atmosférica de productos de petróleo y combustibles líquidos utilizando una unidad de destilación por lotes de laboratorio para determinar cuantitativamente las características del rango de ebullición de productos como los destilados medios y ligeros, los combustibles para motores de encendido por chispa de automóviles con o sin compuestos oxigenados (ver Nota 1), gasolinas de aviación, combustibles para turbinas de aviación, combustibles diésel, mezclas de biodiésel hasta 20%, combustibles marinos, aguardientes especiales de petróleo, naftas, aguardientes blancos, querosinas y combustibles para quemadores de los grados 1 y 2.

Nota1: En 2008 se realizó un estudio interlaboratorio en el que participaron 11 laboratorios diferentes que presentaron 15 conjuntos de datos y 15 muestras diferentes de mezclas de etanol y combustible que contenían 25% en volumen, 50% en volumen y 75% en volumen de etanol. Los resultados indican que los límites de repetibilidad de estas muestras son comparables o dentro de la repetibilidad publicada del método (con la excepción de FBP de 75% de mezclas de etanol y combustible). Sobre esta base, se puede concluir que el Método de prueba D86 es aplicable a mezclas de etanol-combustible como Ed75 y Ed85 (Especificación D5798) u otras mezclas de etanol-combustible con más de 10% de etanol en volumen. (ASTM D86-17, 2017)

Equipo y Materiales

Materiales

- Matraz de destilación Engler
- Cilindro graduado de 100 ml con graduaciones en 1 ml (probeta).
- Termómetros ASTM 7°C Y 8°C (-2 a 300°C) y (- 2 a 400 °C).

Equipos

- Condensador de latón.
- Calentador eléctrico.
- Coraza de protección.
- Soporte y placas de asbesto.

Procedimiento

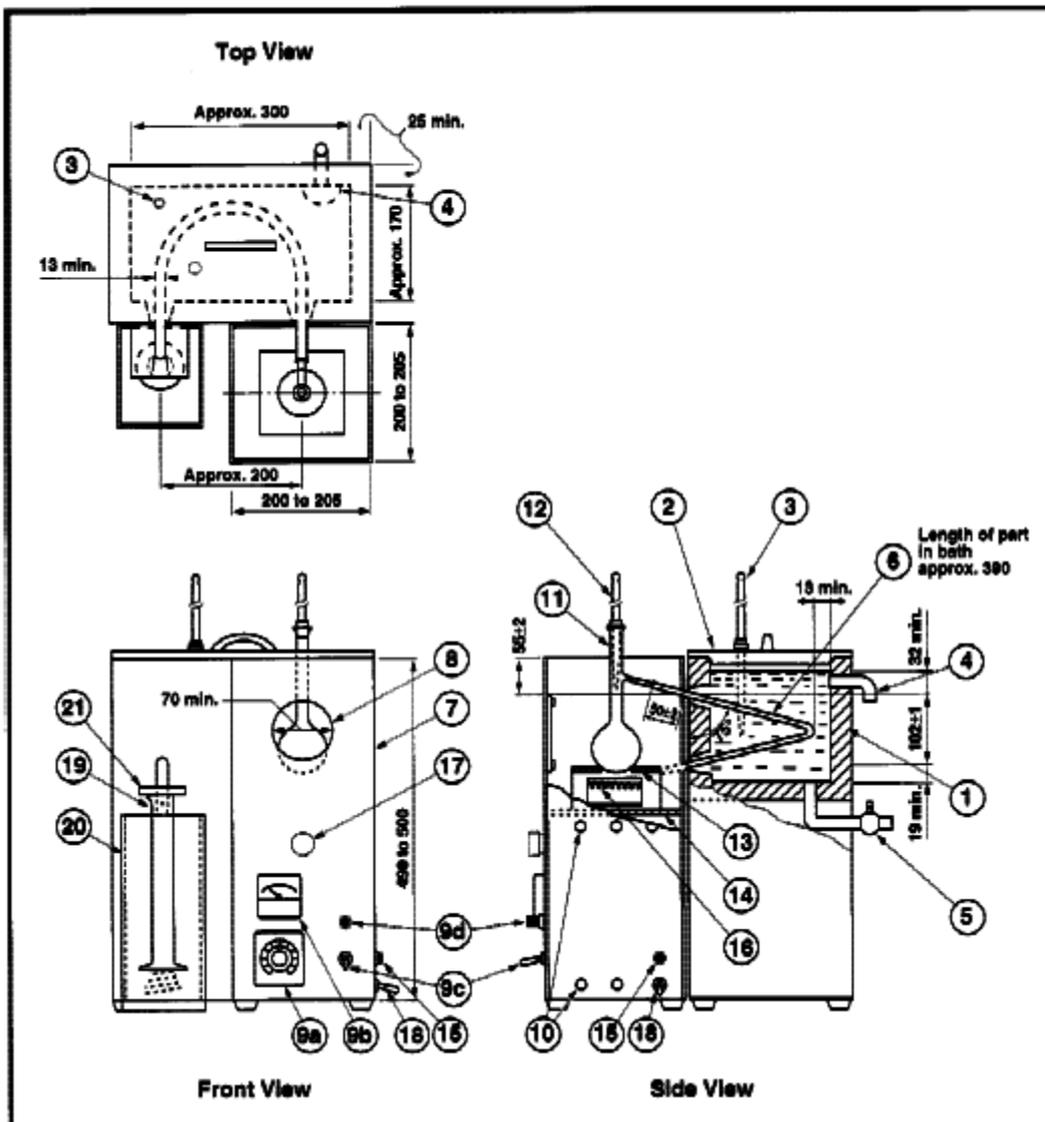
Limpieza del equipo

Limpiar interiormente el tubo del condensador con un trapo suave, amarrado a un cordón. Llenar el baño del condensador con hielo machacado y suficiente agua para cubrir el tubo del condensador para gasolinas y para otros productos volátiles.

Desarrollo del ensayo

1. Medir una muestra de 100ml de muestra mediante una probeta graduada a una temperatura entre 13°C y 18°C.
2. Colocar hielo machacado en el baño del condensador y la cantidad suficiente de agua para cubrir el tubo del condensador.
3. Trasladar la muestra desde la probeta graduada, hacia el balón de destilación.

4. Ajustar firmemente el termómetro provisto de un corcho en el balón de destilación, el termómetro debe estar a temperatura ambiente cuando se lo coloca.
5. Insertar el balón al tubo de salida de los vapores, al condensador.
6. Colocar la probeta en que se midió la muestra, sin secarla ni lavarla, a la salida del tubo del condensador.
7. Encender el equipo y regular el poder calorífico aplicado a la muestra.
8. Anotar la presión barométrica.
9. Tomar dato de la temperatura de la primera gota de condensado, el mismo que caiga del condensador en no menos de 5 minutos ni más de 10 minutos.
10. 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.
11. Tomar dato del tiempo cada 10 ml de volumen parcial junto al valor respectivo dato de temperatura.
12. Anotar el valor de la última gota, su temperatura máxima de destilación y luego añadir el residuo que quedó en el matraz, dada por finalizada la destilación.
13. Vaciar el residuo del balón a la probeta en la que se recolectó la muestra destilada y el volumen se anota como recuperado. (Sigcho, 2016)



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 – Baño condensador | 11 – Balón de destilación |
| 2 – Tapa del baño | 12 – Sensor temperatura |
| 3 – Sensor de temperatura del baño | 13 – Placa soporte del balón |
| 4 – Rebalse del baño | 14 – Plataforma soporte del balón |
| 5 – Drenaje del baño | 15 – Conexión a tierra |
| 6 – Tubo condensador | 16 – Calentador eléctrico |
| 7 – Protector | 17 – Tuerca para ajustar el nivel de la plataforma soporte |
| 8 – Ventana | 18 – Cable de energía |
| 9a – Regulador de voltaje | 19 – Probeta receptora |
| 9b – Voltímetro o amperímetro | 20 – Baño enfriamiento del receptor |
| 9c – Interruptor energía | 21 – Tapa del receptor |
| 9d – Indicador luminoso de energía | |
| 10 – Ventilación | |

Ilustración 4 Descripción de las partes de un destilador eléctrico

3.4. Contenido de agua por destilación

NORMA ASTM D-95

Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de agua en el rango de 0% a 25% por volumen en productos derivados del petróleo, alquitranes y otros materiales bituminosos por el método de destilación. (ASTM D95-13, 2018)

Equipos y Materiales

Materiales

- Matraz esférico de 500 ml, con fondo redondo, cuello corto y boca esmerilada 29/32.
- Tubo colector de 10 ml, graduado en décimas de ml, con esmerilados 29/32.
- Refrigerante a reflujo, recto, de 400 mm de longitud mínima, cuyo tubo interior sea de 9,5 a 12,5mm de diámetro exterior, con esmerilado 29/32.
- Manta calefactora para matraces de 500 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Perlas de vidrio.

Reactivo

- Xileno

Procedimiento

1. Toma de muestra: Ver métodos: "Toma de muestras de combustibles líquidos" y "Toma de muestras de aceites lubricantes".
2. Medir con una probeta perfectamente seca, 100 ml de muestra y pasarlos al matraz de destilación.
3. Con la misma probeta, medir 25 ml de xileno, enjuagarla y echar el disolvente al matraz.
4. Repetir la opción anterior, y añadir unas perlas de vidrio.
5. Agitar bien el contenido del matraz por rotación.
6. Colocar el matraz sobre la manta calefactora, y montar el conjunto de destilación como indica la figura 1.
7. Poner en el extremo superior del tubo refrigerante un tapón flojo de algodón para evitar la condensación de la humedad atmosférica en el interior.
8. Establecer la circulación de agua por la camisa de refrigeración.

9. Calentar el matraz regulando la manta calefactora de forma que el destilado condensado gotee a una velocidad de 2 a 5 gotas por segundo.
10. Mantener estas condiciones hasta que no se vea agua en ninguna parte del aparato, excepto en el fondo del colector y que el volumen de agua en éste permanezca constante durante 5 min. Si persiste un anillo de agua condensada en el tubo refrigerante, eliminarlo aumentando con mucho cuidado la velocidad de destilación o cortando el agua de refrigeración durante unos instantes.
11. Desconectar la manta calefactora y dejar enfriar el colector y su contenido hasta temperatura ambiente.
12. Leer el volumen de agua recogido en el colector tomando la división más próxima de la graduación de la escala. (Jambrina, 2013)

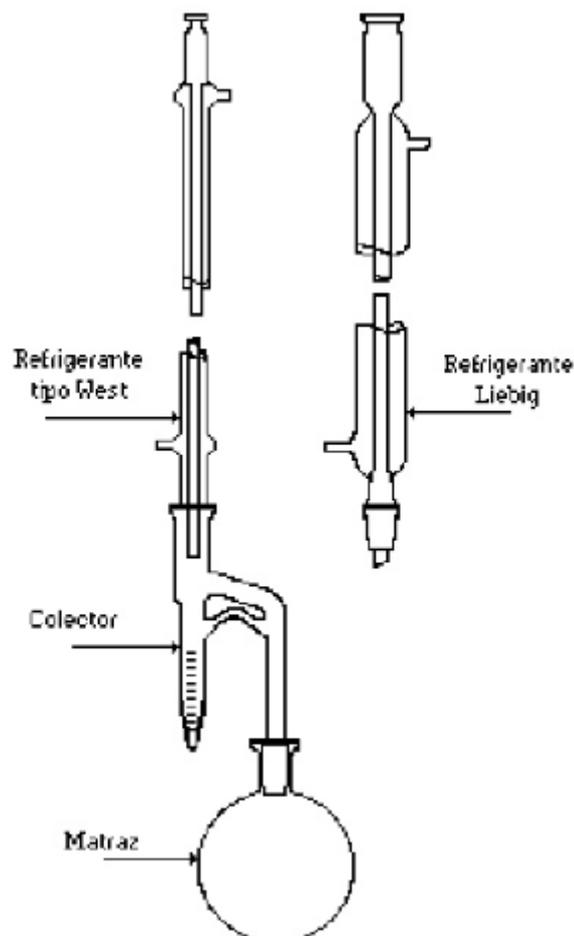


Ilustración 5 Descripción de un sistema de destilación para el ensayo

Cálculo

El contenido en agua de la muestra se expresa en tanto por ciento en volumen, y se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Agua } \left(\frac{V}{V} \right) = \frac{V_o}{V} * 100$$

siendo:

V_0 = volumen de agua recogida en el colector, en ml.

V = volumen de muestra empleada, en ml.

3.5. Viscosidad cinemática

NORMA ASTM D-445

NORMA INEN 810

Alcance

Este método de prueba especifica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, v , de productos petrolíferos líquidos, tanto transparentes como opacos, midiendo el tiempo para que un volumen de líquido fluya por gravedad a través de un viscosímetro capilar de vidrio calibrado. La viscosidad dinámica, η , se puede obtener multiplicando la viscosidad cinemática, v , por la densidad, ρ , del líquido. (ASTM D445-18, 2018)

Equipos y Materiales

Equipos

- Viscosímetros Automatizados
- Baño de Temperatura Controlada
- Cronometro
- Equipo de presión al vacío.

Materiales

- Dispositivo de Medición de Temperatura en el Rango de 0 a 100 ° C o Termómetros.
- Capilares
- Pera
- Holders.

Procedimiento

1. Mantener el baño a la temperatura de ensayo.
2. Colocar el termómetro en el baño.
3. Seleccionar un viscosímetro limpio, seco y calibrado, que tenga un rango que cubra la viscosidad estimada, (tabla n°6).
4. Un capilar amplio para un líquido muy viscoso y un capilar más angosto para un líquido fluido.
5. Filtrese 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.

6. Cargar el viscosímetro en la forma apropiada de acuerdo con el diseño
7. Dejar que el viscosímetro cargado permanezca en el baño un tiempo o suficientemente largo para alcanzar la temperatura.
8. Mantener en el baño a temperatura de la prueba
9. Con la muestra fluyendo libremente, medir el tiempo requerido con aproximación de 0.2 segundos, que el menisco pase desde la primera a la segunda marca registradora del tiempo.
10. Si el tiempo de flujo es menor de 200 segundos, seleccionar un viscosímetro con un capilar de diámetro más pequeño y repetir el ensayo.
11. En los viscosímetros de "flujo en reversa" realizar determinaciones duplicadas, los tiempos de flujo deben concordar dentro del 0.35% si no se obtiene esta concordancia, rechazar los resultados del ensayo.

Cálculo

Para el método ASTM D-445, el cálculo para determinar el valor de la viscosidad cinemática consiste en multiplicar el tiempo que se lee en los cronómetros por la respectiva constante de calibración del viscosímetro. (Peña & Avilés, 2016)

$$V=C.t$$

Donde

- V=viscosidad cinemática mm²/s, cSt.
- C=constante de calibración del viscosímetro (mm²/s) /s)
- t=tiempo de flujo

3.6. Corrosión a la lámina de cobre

NORMA ASTM D-130

NORMA INEN 927

Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de la corrosión al cobre de la gasolina de aviación, el combustible de la turbina de aviación, la gasolina para automóviles, el solvente de los limpiadores (Stoddard), el queroseno, el combustible diésel, el aceite combustible destilado, el aceite lubricante y la gasolina natural u otros hidrocarburos que tengan vapor. Presión no mayor a 124 kPa (18 psi) a 37.8 ° C. (Advertencia—Algunos productos, en particular la gasolina natural, pueden tener una presión de vapor mucho más alta de lo que normalmente sería característico de las gasolinas de automóviles o de

aviación. Por este motivo, tenga mucho cuidado para asegurarse de que el recipiente a presión utilizado en este método de prueba y que contenga gasolina natural u otros productos de alta presión de vapor no se coloque en el baño a 100 ° C (212 ° F). Las muestras que tienen presiones de vapor superiores a 124 kPa (18 psi) pueden desarrollar presiones suficientes a 100 ° C para romper el recipiente a presión. Para cualquier muestra que tenga una presión de vapor superior a 124 kPa (18 psi), use el Método de prueba D1838.). (ASTM D130-18, 2018)

Equipos y Materiales

- Tubo 25 por 150 mm
- Baño, manteniendo a una temperatura de 50°C ± 1°C (122±2°F) O 100± 1°C (212 ± 2°F).
- Bomba de acero, que soporta una presión de 100 Psia.
- Termómetros de inmersión total, con graduaciones de 1°C (2°F) o menos. No más de 26mm, de mercurio. ASTM 12C (12F) o IP 64C (64F).
- Lija de carburo de silicio
- Iso-Octano
- Tiras de cobre
- Papel filtro y tabla de lectura.

Procedimiento

1. Para Gasolina - Realizar la prueba, pero a los 40 ° C (104 ° F) y durante 3 h 6 min.
2. Para Diesel, Fuel Oil, Gasolina Automotriz -Place 30 ml de muestra, completamente limpia y libre de cualquier agua suspendido o arrastrado, en una químicamente limpio y seco de 25 mm de tubo de ensayo de 150 mm y, dentro de 1 min después de completar la preparación final (pulido), deslice la tira de cobre en el tubo de muestra. Si más de una muestra se va a analizar esencialmente al mismo tiempo, es permisible para preparar cada muestra en el lote de tapar por cada tubo con un tapón de ventilación, tal como un corcho de ventilación antes de la colocación de cada tubo en un baño mantenido a 50 ± 1 ° C (122 ° F), siempre que el tiempo transcurrido entre la primera y la última muestra preparada se mantiene a un mínimo. Proteja el contenido del tubo de ensayo de la luz intensa durante la prueba. Después de 3 h 6 5 min en el baño. En los ensayos de fuel oil y diésel, con las especificaciones que no sean Especificaciones D 396 y D 975, una temperatura de 100 ° C (212 ° F) durante 3 h se utiliza a menudo como un conjunto alternativo de condiciones. Algunas gasolinas de automoción con una presión de vapor superior a 80 kPa a 37.8 ° C han mostrado pérdidas por

evaporación en exceso del 10 % de su volumen. Si tales pérdidas por evaporación son evidentes, se recomienda que se utilice el procedimiento de recipientes a presión.

3. Vaciar el contenido del tubo de ensayo en un receptor de tamaño adecuado. Si se utiliza un receptor hecho de vidrio, tal como una forma alta de 150 ml vaso, dejar que la diapositiva tira suavemente para evitar romper el vidrio. Retire inmediatamente la tira con pinzas y se sumerja en disolvente de lavado. Retire la tira a la vez, seco e inspeccionar la evidencia de empañar o corrosión en comparación con las Normas de Corrosión lámina de cobre. La etapa de secado de la tira se puede realizar por transferencia con papel de filtro, secado al aire, o por otros medios adecuados. Mantenga tanto la tira reactiva y tira de la placa estándar de una manera tal que la luz reflejada desde ellas en un ángulo de aproximadamente 45 ° se observará.

En el manejo de la tira de prueba durante la inspección y la comparación, el peligro de marcado o tinción se puede evitar si se inserta en un tubo de vidrio plano, que puede ser taponado con algodón absorbente. (Aisne, 2017)

3.7. % de Residuo Carbonoso

NORMA ASTM D-189

NORMA INEN 1491

Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de la cantidad de residuo de carbono (Nota 1) que queda después de la evaporación y la pirolisis de un aceite, y está destinado a proporcionar alguna indicación de las propensiones relativas de formación de coque. Este método de prueba es generalmente aplicable a productos del petróleo relativamente no volátiles que se descomponen parcialmente en la destilación a presión atmosférica. Los productos derivados del petróleo que contienen componentes formadores de cenizas según lo determinado por el Método de Prueba D482 o el Método IP 4 tendrán un residuo de carbono erróneamente alto, dependiendo de la cantidad de ceniza formada. (ASTM D189-06, 2014)

Equipos y Materiales

Material

- Crisol de porcelana

- Crisol de hierro Kidmore
- Crisol de hierro de chapa perforada con cubierta
- Soporte de alambre
- Campana
- Aislante
- Quemador o Mechero

Procedimiento

Para residuos menores del 5% pero mayores del 0,05%

1. Pesar $10 \pm 0,5$ g de muestra en un crisol de porcelana o sílice que contenga dos esferas de vidrio de 2,5 mm de diámetro.
2. Colocar este crisol en el centro del crisol kidmore.
3. Nivelar la arena contenida en el crisol de lámina de hierro y colocar el crisol Kidmore exactamente en su centro.
4. Cubrir el crisol Kidmore y el crisol de lámina de hierro con sus respectivas tapas, dejando la tapa del crisol de lámina de hierro un poco floja para permitir la salida de los vapores que se formen.
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 el tope del triángulo, y tapar todo el conjunto con la campana de lámina de hierro, para que el calor se distribuya uniformemente.
6. Con el mechero Meker, calentar con una llama alta y fuerte, realizando las regulaciones de manera que el período de pre ignición sea de $10,0 \pm 1,5$ minutos (ver nota 1).
7. Cuando aparezca humo por la chimenea, mover inmediatamente o inclinar el mechero, de modo que la llama toque los lados del crisol hasta conseguir que los vapores se inflamen.
8. Retirar temporalmente el mechero y ajustar la llama para que, al volverlo a colocar, los vapores inflamados se quemen uniformemente y la llama salga por la chimenea, pero no sobre el puente de alambre (ver nota 2).
9. Si no aparece la llama por encima de la chimenea, aumentar la cantidad de calor si fuera necesario. El período de combustión de los vapores debe ser de 13 ± 1 minuto
10. 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 Retirar el mechero y dejar enfriar el

aparato hasta que no se observe humo, y quitar las tapas de los crisoles. Sacar el crisol de porcelana o sílice con pinzas previamente calentadas y colocarlo en el desecador.

11. Dejar enfriar el crisol a temperatura ambiente y pesarlo
12. Calcular el porcentaje de residuo carbonoso sobre la muestra original. 4.2

Para residuos mayores del 5%

1. Si una muestra presenta un residuo carbonoso mayor del 5% y menor del 15%, por el procedimiento anterior, repetir el ensayo usando $5,0 \pm 0,5$ g de muestra (ver nota 3)
2. En caso de que el resultado obtenido sea mayor del 15%, repetir el ensayo reduciendo la cantidad de muestra a $3,0 \pm 0,1$ g.

Para residuos menores del 0,05%

1. En el caso de productos de petróleo que tengan un residuo carbonoso menor del 0,05%, efectuar el ensayo sobre el 10% del residuo obtenido en la destilación efectuada según la Norma INEN 926, con las modificaciones siguientes:
 - a. El destilado se recoge en una probeta graduada de 200 cm³.
 - b. Se utiliza un matraz de destilación de 250 cm³.
 - c. Se usa una placa de amianto para soporte del matraz de destilación, que tenga una abertura en el centro de 50 mm de diámetro, y
 - d. Se utiliza un termómetro ASTM de alta destilación ASTM 8C
2. Enfriar la muestra entre 15 y 18° C, medir 200 cm³ de la misma y transferirla al matraz de destilación
3. Mantener la temperatura del baño condensador entre 0 y 4° C y colocar la probeta graduada donde se midió la muestra (sin limpiarla) como receptor, de manera que la punta del tubo condensador no toque sus paredes (ver nota 5)
4. Calibrar la aplicación de calor al matraz de destilación para lograr que la primera gota de condensado caiga a los 10 ó 15 minutos contados desde el momento en que se empezó la aplicación de calor
5. Después de que caiga la primera gota, mover la probeta graduada, de manera que la punta del tubo condensador toque las paredes de la misma.

6. Regular la aplicación de calor para que la destilación continúe a velocidad uniforme de 8 a 10 cm³ por minuto.
7. Continuar la destilación hasta que se haya recogido 178 cm³ de la muestra. Luego quitar el calor y dejar drenar el condensador hasta obtener 180 cm³ (90% de la carga).
8. Reemplazar inmediatamente la probeta por un Erlenmeyer para terminar de recoger cualquier cantidad de condensado que pueda drenar. Transferir al Erlenmeyer, mientras aún está caliente, el residuo que quedó en el matraz de destilación y mezclarlo muy bien. Este contenido representa el 10% del producto original.
9. Mientras el residuo de destilación (10%) esté lo suficientemente caliente como para fluir libremente, transferir 10 ± 0,5 g de éste a un crisol previamente pesado.
10. Dejar enfriar el residuo a temperatura ambiente y pesar con aproximación a 5 mg.

Cálculo

Se reemplaza en la siguiente fórmula cada prueba realizada

$$\% Rc = ((\text{Peso quemado} - \text{peso cápsula}) / (\text{Peso de muestra})) * 100$$

3.8. % de Ceniza

NORMA ASTM D-482

Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de cenizas en el rango de 0.001–0.180% en masa, de combustibles destilados y residuales, combustibles de turbinas de gas, aceites crudos, aceites lubricantes, ceras y otros productos derivados del petróleo, en los cuales están presentes todos los materiales formadores de cenizas. (ASTM D482, 2013)

Equipos y Materiales

- Crisol de porcelana, de forma alta, de unos 60 ml de capacidad (45 mm de diámetro por 56 mm de altura).
- Triángulo de hierro o refractario.
- Soporte trípode para el triángulo.
- Mechero de gas tipo Meker.

Procedimiento

1. Calentar el crisol de porcelana en el horno de mufla a 700-800 °C durante 10 min. Sacarlo y dejarlo enfriar hasta temperatura ambiente en un desecador. Pesar el crisol (P) con aproximación de 0,1 mg.

2. Colocar aproximadamente 20 g de muestra en el crisol y pesarlo con aproximación de 0,1 mg (A).
3. Añadir 2 ml de alcohol isopropílico y agitar la mezcla con una varilla de papel obtenida enrollando un papel de filtro de 7 cm de diámetro y de peso de cenizas conocido. Dejar caer la varilla de papel de filtro dentro del crisol.
4. Poner el crisol con la muestra encima del triángulo y empezar el calentamiento con el mechero de gas. Al principio la llama debe ser débil y el calentamiento cuidadoso, con el fin de evitar que la muestra entre en ebullición.
5. Con la llama del mechero de gas inflamar los vapores que se desprenden de la muestra. Una vez encendida la muestra retirar la llama del mechero de gas y dejar que la muestra vaya ardiendo.
6. Aplicar la llama del mechero de gas cada vez que se vea que la llama del crisol se extingue y retirarlo cuando aparezca de nuevo.
7. Repetir esta operación hasta que se haya consumido toda la parte combustible de la muestra y quede un residuo de materia carbonosa.
8. Aumentar la intensidad de la llama del mechero hasta que no aparezca ardiendo encima del crisol.
9. Colocar el crisol con el residuo en el horno mufla a la temperatura de 775 ± 25 °C durante unas 2 horas (hasta que la materia carbonosa haya desaparecido).
10. Sacar el crisol del horno mufla y dejarlo enfriar hasta temperatura ambiente en un desecador. A continuación, pesarlo con aproximación de 0,1 mg.
11. Volver a colocar el crisol en el horno mufla a 775 °C durante 20 min, dejar enfriar en el desecador y pesarlo. Repetir esta operación hasta que la diferencia entre dos consecutivas sea menor de 0,5 mg (R).

Cálculo

$$\% \text{ Ceniza} = ((\text{Peso muestra hecha ceniza} - \text{peso cápsula}) / (\text{Peso de muestra})) * 100$$

3.9. Índice de cetano calculado

NORMA ASTM D-976

NORMA INEN 1495

Alcance

El índice de cetano calculado es una herramienta disponible para estimar el número de cetano de ASTM donde no está disponible un motor de prueba para determinar esta propiedad. Puede emplearse para aproximar el número de cetano donde la cantidad de muestra

es demasiado pequeña para una clasificación del motor. En los casos en que el número de cetano de un combustible se ha establecido inicialmente, el índice es útil como una verificación del número de cetano en muestras posteriores de ese combustible, siempre que su fuente y modo de fabricación permanezcan sin cambios. (ASTM D976-06, 2016)

El índice de cetano calculado es una herramienta útil para estimar el número de cetano ASTM donde un ensayo de motor no está disponible para la determinación de esta propiedad. Puede ser convenientemente empleado para aproximar el número de cetano cuando la cantidad de muestra es demasiado pequeña para una potencia de motor. En casos donde el número de cetano de un combustible ha sido inicialmente establecido, el índice es útil como número de cetano de referencia en muestras posteriores de ese combustible, siempre que su fuente y modo de fabricación permanezcan inalterados.

Cálculo

- Índice de cetano calculado = $-420.34 + 0.016G^2 + 0.192G \log M + 65.01 (\log M)^2 - 0.0001809M^2$.
- Índice de cetano calculado = $454.74 - 1641.416D + 774.74 D^2 - 0.554B + 97.803(\log B)^2$

Donde:

- G = Gravedad API determinada mediante el método de ensayo D 287, D 1298 o D4052.
- M = Temperatura media de ebullición, °F, determinado mediante el método de ensayo D86 y corregido a presión barométrica estándar.
- D = Densidad a 15°C, g/ml, determinado mediante el método de ensayo D 1298 o D4052.
- B = Temperatura media de ebullición, °C, determinado mediante el método de ensayo D86 y corregido a presión barométrica estándar.

DATOS EXPERIMENTALES

GASOLINA ECOPAÍS

Gravedad API

Tabla 9 Datos obtenidos en la primera lectura de °API

GASOLINA ECOPAÍS	
Temperatura Ambiente	19,5°C
Presión	1009 hPa
Hidrómetro	7 H
Termómetro	ASTM 12F
Temperatura leída	64.5°F
API observado	62.3
Densidad relativa	0.73009
API corregido	61.7

Tabla 10 Datos obtenidos en la segunda lectura de °API

GASOLINA ECOPAÍS	
Temperatura Ambiente	19,5°C
Presión	1009 hPa
Hidrómetro	7 H
Termómetro	ASTM 12F
Temperatura leída	64.025°F
API observado	62.4
Densidad relativa	0.72971
API corregido	61.7

Tabla 11 Datos obtenidos en la tercera lectura de °API

GASOLINA ECOPAÍS	
Temperatura Ambiente	19,5°C
Presión	1009 hPa
Hidrómetro	7 H
Termómetro	ASTM 12F
Temperatura leída	65.05°F
API observado	62.4
Densidad relativa	0.72971
API corregido	61.7

- **AZUFRE LIBRE Y CORROSIVO EN LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO: CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE**

Tabla 12 Datos experimentales obtenidos del análisis del combustible ECOPAÍS en el Laboratorio.

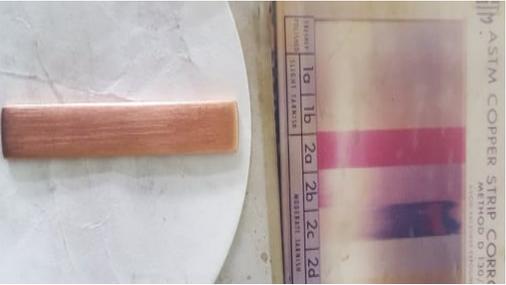
TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

Tabla 13 Resultados obtenidos del análisis observado en la Tabla ASTM Copper Strip Corrosion Standards.

NÚMERO DE MUESTRA	COMBUSTIBLE	RESULTADO	DESCRIPCIÓN
1	Gasolina ECOPAÍS	1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro
2		1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro
3		1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro

Gasolina EcoPaís

Tabla 14 Resultados de la lectura según lo observado: Gasolina EcoPaís.

Gasolina EcoPaís					
NUMERO DE MUESTRA	TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
1	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre		Ligeramente manchada, anaranjado claro

2	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 <p>1b</p>	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre		Ligeramente manchada, anaranjado claro

**VAPOR REID
PRIMERA PRUEBA**

**Tabla 15 Datos Experimentales PRIMERA PRUEBA GASOLINA ECOPAÍS
87 OCTANOS**

NÚMERO DE LECTURA	SUSTANCIA	LECTURA DE MANÓMETRO (libras por pulgadas cuadradas)	TIEMPO (BAÑO DE CALENTAMIENTO 37°C-38°C) MINUTOS	OBSERVACIONES
1°	GASOLINA ECOPAÍS	0,2	0	Lectura inicial de manómetro, antes de pasar el equipo por el baño de calentamiento
2°	GASOLINA ECOPAÍS	6,0	5	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 5 minutos en baño de calentamiento
3°	GASOLINA ECOPAÍS	6,40	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
4°	GASOLINA ECOPAÍS	6,40	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.

SEGUNDA PRUEBA

Tabla 16 Datos Experimentales SEGUNDA PRUEBA GASOLINA ECOPAÍS 87 OCTANOS.

NÚMERO DE LECTURA	SUSTANCIA	LECTURA DE MANÓMETRO (libras por pulgadas cuadradas)	TIEMPO (BAÑO DE CALENTAMIENTO 37°C-38°C) MINUTOS	OBSERVACIONES
1°	GASOLINA ECOPAÍS	0,3	0	Lectura inicial de manómetro, antes de pasar el equipo por el baño de calentamiento
2°	GASOLINA ECOPAÍS	6,20	5	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 5 minutos en baño de calentamiento
3°	GASOLINA ECOPAÍS	6,30	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
4°	GASOLINA ECOPAÍS	6,30	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.

TERCERA PRUEBA

Tabla 17 Datos Experimentales TERCERA PRUEBA GASOLINA ECOPAÍS 87 OCTANOS.

NÚMERO DE LECTURA	SUSTANCIA	LECTURA DE MANÓMETRO (libras por pulgadas cuadradas)	TIEMPO (BAÑO DE CALENTAMIENTO 37°C-38°C) MINUTOS	OBSERVACIONES
1°	GASOLINA ECOPAÍS	0,4	0	Lectura inicial de manómetro, antes de pasar el equipo por el baño de calentamiento
2°	GASOLINA ECOPAÍS	6,2	5	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 5 minutos en baño de calentamiento
3°	GASOLINA ECOPAÍS	6,50	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
4°	GASOLINA ECOPAÍS	6,50	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.

Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 18 Datos experimentales de la primera Destilación de la gasolina ECO

GASOLINA ECO									
Presión ambiente		1006 Hpa		Presión mm Hg		754		Tiempo	
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)			Temperatura corregida °C	min	sg	Recupera
0			PENTANO			36,2	-	-	
P.I.E	44	111,2	0,228			44,38	7	00	
5	56	132,8	0,236			56,40	9	05	
10	63	145,4	0,241			63,40	10	22	
15	68	154,4	0,245			68,40	11	23	
16			HEXANO			69	-	-	
20	71	159,8	0,247			71,42	11	57	
25	74	165,2	0,249			74,42	12	37	
30	78	172,4	0,252			78,42	13	39	
35	84	183,2	0,257			85,42	14	45	
40	90	194	0,261			90,42	15	50	
45	97	206,6	0,266			97,45	17	00	
46,75			HEPTANO			98,5	-	-	
50	100	212	0,268			100,45	18	14	
55	105	221	0,272			105,45	19	30	
60	111	231,8	0,276			111,47	21	03	
65	117	242,6	0,280			117,47	22	33	
70	120	248	0,282			120,47	23	50	
71,15			OCTANO			125,8	-	-	
75	143	289,4	0,299			143,50	25	28	
78,3			NONANO			150,7	-	-	
80	154	314,6	0,307			154,52	27	49	
									98 ml
									1,4 ml
									99,4 ml
									0,6 ml

85	160	320	0,311	160,52	29	24			
89,5			DECANO	174,10	-	-			
90	175	347	0,322	175,54	30	59			
95	189	372,2	0,332	189,54	32	37			
96			UNDECANO	195,80	-	-			
97			DODECANO	216,20	-	-			
P.F.E	223	433,4	0,357	223,59	42	12			

Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 19 Datos experimentales de la segunda Destilación de la gasolina ECO

GASOLINA ECO									
Presión ambiente	1006 Hpa		Presión mm Hg	754	Tiempo	Recupera	Residuo	Recupera	Pérdida
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)	Temperatura corregida °C	min	sg			
0			PENTANO	36,2	-	-			
P.I.E	42	107,6	0,226	42,38	5	17			
5	50	122	0,235	50,40	6	52			
10	56	132,8	0,236	56,40	8	12			
15	62	143,6	0,241	62,40	9	22			
20	66	150,8	0,244	66,40	10	19			
21,62			HEXANO	69	-	-			
25	74	165,2	0,249	74,42	11	28			
30	80	176	0,254	80,42	12	35			
35	85	185	0,257	85,42	14	33			
40	90	194	0,261	90,42	15	39			
45	95	203	0,264	95,45	16	47			
48,05			HEPTANO	98,5	-	-			
							97,5 ml		
							1,5 ml		
							99 ml		
							1 ml		

50	101	213,8		0,269	100,45	18	04		
55	112	233,6		0,272	112,47	19	30		
60	118	244,4		0,281	118,47	20	49		
65	120	248		0,282	120,47	22	10		
67			OCTANO		125,8	-	-		
70	133	271,4		0,292	133,50	23	46		
75	144	291,2		0,300	144,50	25	15		
77,81			NONANO		150,7	-	-		
80	155	311		0,308	155,52	26	40		
85	164	327		0,314	164,52	28	27		
87			DECANO		174,10	-	-		
90	187	347		0,331	187,54	30	36		
95	192	372,2		0,334	192,57	32	37		
96			UNDECANO		195,80	-	-		
97			DODECANO		216,20	-	-		
P.F.E	218	424,4		0,353	218,59	42	34		

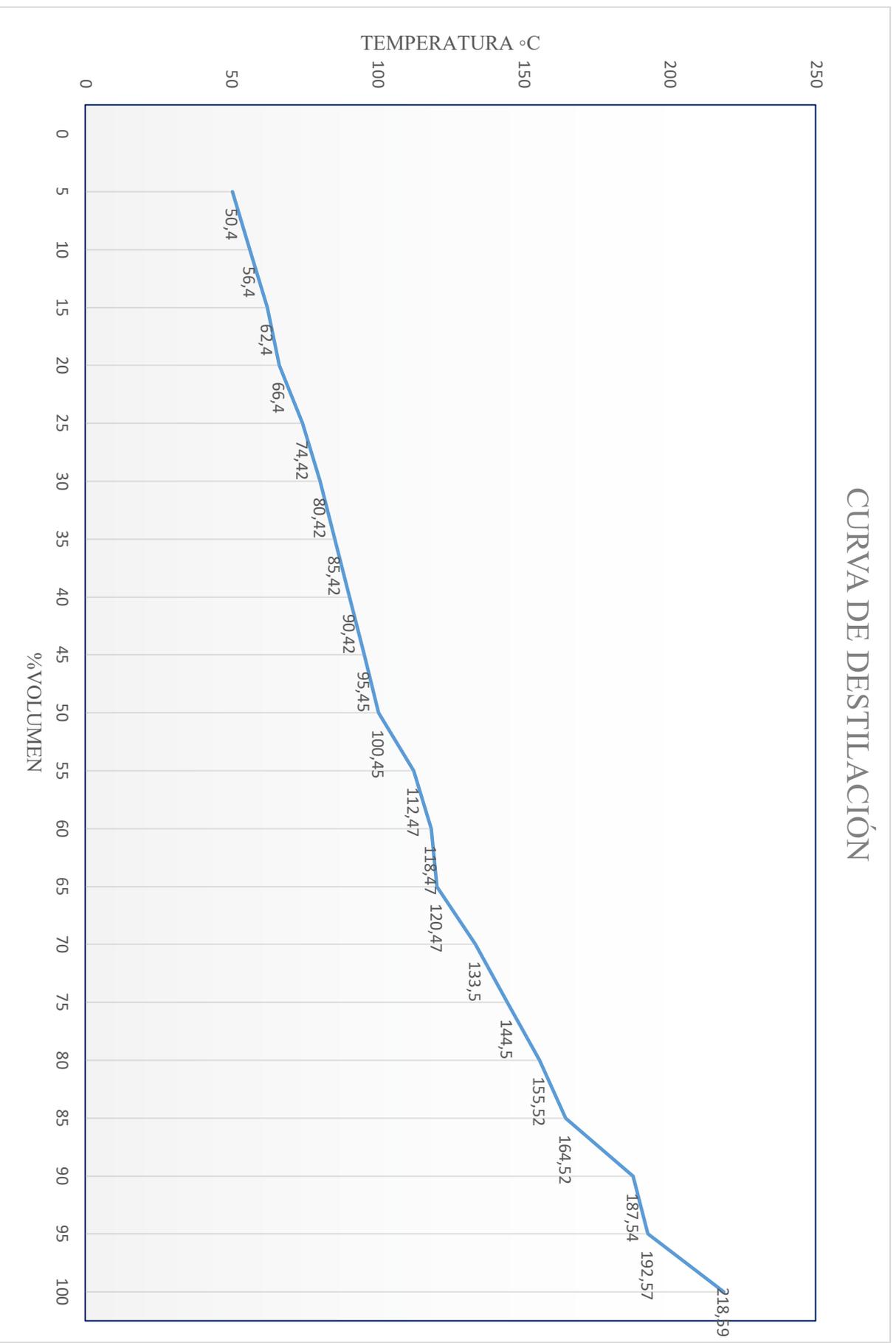
Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 20 Datos experimentales de la tercera Destilación de la gasolina ECO

GASOLINA ECO									
Presión ambiente		1006 Hpa		Presión mm Hg		754		Tiempo	
								o	
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)			Temperatura corregida °C	min	sg	Recuperado
0			PENTANO			36,2	-	-	
P.I.E	42	107,6	0,226			42,38	6	20	98 ml
5	51	123,8	0,233			51,40	7	12	1 ml
10	55	131	0,236			55,40	8	14	99 ml
									1 ml

15	62	143,6		0,241	62,40	9	22		
20	66	150,8		0,244	66,40	10	29		
21,44			HEXANO		69	-	-		
25	75	167		0,250	75,42	11	18		
30	80	176		0,254	80,42	12	35		
35	84	183,2		0,257	84,42	14	39		
40	90	194		0,261	90,42	15	10		
45	96	204,8		0,265	96,45	16	49		
47			HEPTANO		98,5	-	-		
50	101	213,8		0,269	101,45	17	20		
55	112	233,6		0,272	112,47	19	06		
60	115	239		0,279	115,47	20	39		
65	120	248		0,282	120,47	21	10		
67			OCTANO		125,8	-	-		
70	133	271,4		0,292	133,50	23	45		
75	146	294,8		0,301	146,50	25	35		
77,6			NONANO		150,7	-	-		
80	154	309,2		0,307	154,52	26	12		
85	164	327		0,314	164,52	27	27		
87,17			DECANO		174,10	-	-		
90	187	347		0,331	187,54	31	32		
95	193	379,4		0,335	193,57	32	38		
96			UNDECANO		195,80	-	-		
97			DODECANO		216,20	-	-		
P.F.E	220	428		0,354	220,59	42	55		

CURVA DE DESTILACIÓN



Gráfica 1 Curva de destilación de la Gasolina ECO en la tercera prueba

GASOLINA SÚPER

- Gravedad API

Tabla 21 Datos obtenidos en la primera lectura de °API

GASOLINA SÚPER	
Temperatura Ambiente	21,5°C
Presión	1010 hPa
Hidrómetro	7 H
Termómetro	ASTM 12F
Temperatura leída	63.5°F
API observado	63.7
Densidad relativa	0.72487
API corregido	63.2

Tabla 22 Datos obtenidos en la segunda lectura de °API

GASOLINA SÚPER	
Temperatura Ambiente	20,5°C
Presión	1009 hPa
Hidrómetro	7 H
Termómetro	ASTM 12F
Temperatura leída	65°F
API observado	63.9
Densidad relativa	0.72411
API corregido	63.2

Tabla 23 Datos obtenidos en la tercera lectura de °API

GASOLINA SÚPER	
Temperatura Ambiente	20.05°C
Presión	1008 hPa
Hidrómetro	7 H
Termómetro	ASTM 12F

Temperatura leída	65.05°F
API observado	64
Densidad relativa	0.72374
API corregido	63.3

- **AZUFRE LIBRE Y CORROSIVO EN LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO:
CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE**

Tabla 24 Datos experimentales obtenidos del análisis de la gasolina súper en el Laboratorio

TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

Tabla 25 Resultados obtenidos del análisis observado en la Tabla ASTM Copper Strip Corrosion Standards.

NÚMERO DE MUESTRA	COMBUSTIBLE	RESULTADO	DESCRIPCIÓN
1	Gasolina SUPER	1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro
2		1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro
3		1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro

Gasolina Súper

Tabla 26 Resultados de la lectura según lo observado: Gasolina Súper 92 octanos.

Gasolina Súper 92 octanos					
NUMERO DE MUESTRA	TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
1	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

2	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

3	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 <p>1b</p>	Ligeramente manchada, anaranjado claro
---	---	--------------	---------------	--	--

VAPOR REID

PRIMERA PRUEBA

Tabla 27 Datos Experimentales PRIMERA PRUEBA GASOLINA SUPER 92 OCTANOS.

NÚMERO DE LECTURA	SUSTANCIA	LECTURA DE MANÓMETRO (libras por pulgadas cuadradas)	TIEMPO (BAÑO DE CALENTAMIENTO 37°C-38°C) MINUTOS	OBSERVACIONES
1°	GASOLINA SUPER	0,3	0	Lectura inicial de manómetro, antes de pasar el equipo por el baño de calentamiento
2°	GASOLINA SUPER	7	5	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 5 minutos en baño de calentamiento
3°	GASOLINA SUPER	7,1	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
4°	GASOLINA SUPER	7,1	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.

SEGUNDA PRUEBA

Tabla 28 Datos Experimentales SEGUNDA PRUEBA GASOLINA SUPER 92 OCTANOS.

NÚMERO DE LECTURA	SUSTANCIA	LECTURA DE MANÓMETRO (libras por pulgadas cuadradas)	TIEMPO (BAÑO DE CALENTAMIENTO 37°C-38°C) MINUTOS	OBSERVACIONES
1°	GASOLINA SUPER	0,5	0	Lectura inicial de manómetro, antes de pasar el equipo por el baño de calentamiento
2°	GASOLINA SUPER	6,60	5	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 5 minutos en baño de calentamiento
3°	GASOLINA SUPER	6,72	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
4°	GASOLINA SUPER	6,70	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
5°	GASOLINA SUPER	6,70	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.

TERCERA PRUEBA

Tabla 29 Datos Experimentales TERCERA PRUEBA GASOLINA SUPER 92 OCTANOS.

NÚMERO DE LECTURA	SUSTANCIA	LECTURA DE MANÓMETRO (libras por pulgadas cuadradas)	TIEMPO (BAÑO DE CALENTAMIENTO 37°C-38°C) MINUTOS	OBSERVACIONES
1°	GASOLINA SUPER	0,5	0	Lectura inicial de manómetro, antes de pasar el equipo por el baño de calentamiento
2°	GASOLINA SUPER	7,0	5	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 5 minutos en baño de calentamiento
3°	GASOLINA SUPER	7,20	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.
4°	GASOLINA SUPER	7,20	2	Lectura de manómetro después de haber pasado el equipo de vapor por 2 minutos más en baño de calentamiento.

Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 30 Datos experimentales de la primera Destilación de la gasolina Súper

GASOLINA SÚPER									
Presión ambiente		1002 Hpa		Presión mm Hg		751.586		Tiemp °	
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)			Temperatura corregida °C	min	sg	Recupera
0			PENTANO			36,2	-	-	
P.I.E	40	104	0,316			40,38	5	51	
5	53	127,4	0,329			53,40	6	35	
10	60	140	0,336			60,40	7	14	
15	63	145,4	0,339			63,40	7	43	
18,98			HEXANO			69	-	-	
20	70	158	0,346			70,42	8	33	
25	74	165,2	0,350			74,42	9	23	
30	79	174,2	0,355			79,42	10	11	
35	84	183,2	0,360			84,42	11	11	
40	90	194	0,366			90,45	12	08	
45	94	201,2	0,370			94,45	13	04	
48,37			HEPTANO			98,5	-	-	
50	100	212	0,376			100,45	14	00	
55	104	219,2	0,380			104,45	14	57	
60	108	226,4	0,384			108,45	15	58	
65	112	233,6	0,389			112,47	17	17	
70	115	239	0,392			115,47	19	00	
75	120	248	0,396			120,47	20	07	
78,33			OCTANO			125,8	-	-	
80	128	262,4	0,404			128,47	21	13	
									98 ml
									1.5 ml
									99.5 ml
									0.5 ml

85	137	278,6	0,413	137,50	22	23			
90	142	287,6	0,419	142,50	24	04			
92,04			NONANO	150,7	-	-			
95	162	323,6	0,430	162,52	26	20			
96			DECANO	174,10	-	-			
97			UNDECANO	195,80	-	-			
P.F.E	211	411,8	0,488	211,59	33	29			
0			DODECANO	216,20	-	-			

Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 31 Datos experimentales de la segunda Destilación de la gasolina Súper

GASOLINA SÚPER										
Presión ambiente	1002 Hpa	Presión mm Hg	751,586		Tiempo		Recupera	Residuo	Recupera	Pérdida
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)		min	sg				
0			PENTANO		36,2	-	-			
P.I.E	41	105,8	0,317	41,38	7	15				
5	54	129,2	0,330	54,40	9	23				
10	59	138	0,335	59,40	10	25				
15	65	149	0,341	65,40	11	21				
18,5			HEXANO		69	-	-			
20	70	158	0,346	70,42	12	31				
25	74	165,2	0,350	74,42	13	27				
30	81	177,8	0,357	81,42	14	28				
35	85	185	0,361	85,42	15	21				
40	91	195,8	0,367	91,45	16	24				
45	95	203	0,372	95,45	17	30				
							97,9 ml			
							1.5 ml			
							99.4 ml			
							0.6 ml			

48.05		HEPTANO			98,5	-	-		
50	100	212		0,376	100,45	18	30		
55	105	221		0,382	105,45	19	36		
60	111	231,8		0,387	111,47	20	38		
65	117	242,6		0,393	117,47	22	08		
70	123	253		0,399	123,47	23	41		
72.33		OCTANO			125,8	-	-		
75	128	262		0,404	128,47	24	59		
80	135	275		0,411	135,50	26	12		
85	140	284		0,416	140,50	27	29		
90	144	291		0,421	144,50	29	07		
91.72		NONANO			150,7	-	-		
95	165	329		0,442	162,52	31	02		
96		DECANO			174,10	-	-		
97		UNDECANO			195,80	-	-		
P.F.E		210	410	0,487	211,59	38	00		
0		DODECANO			216,20	-	-		

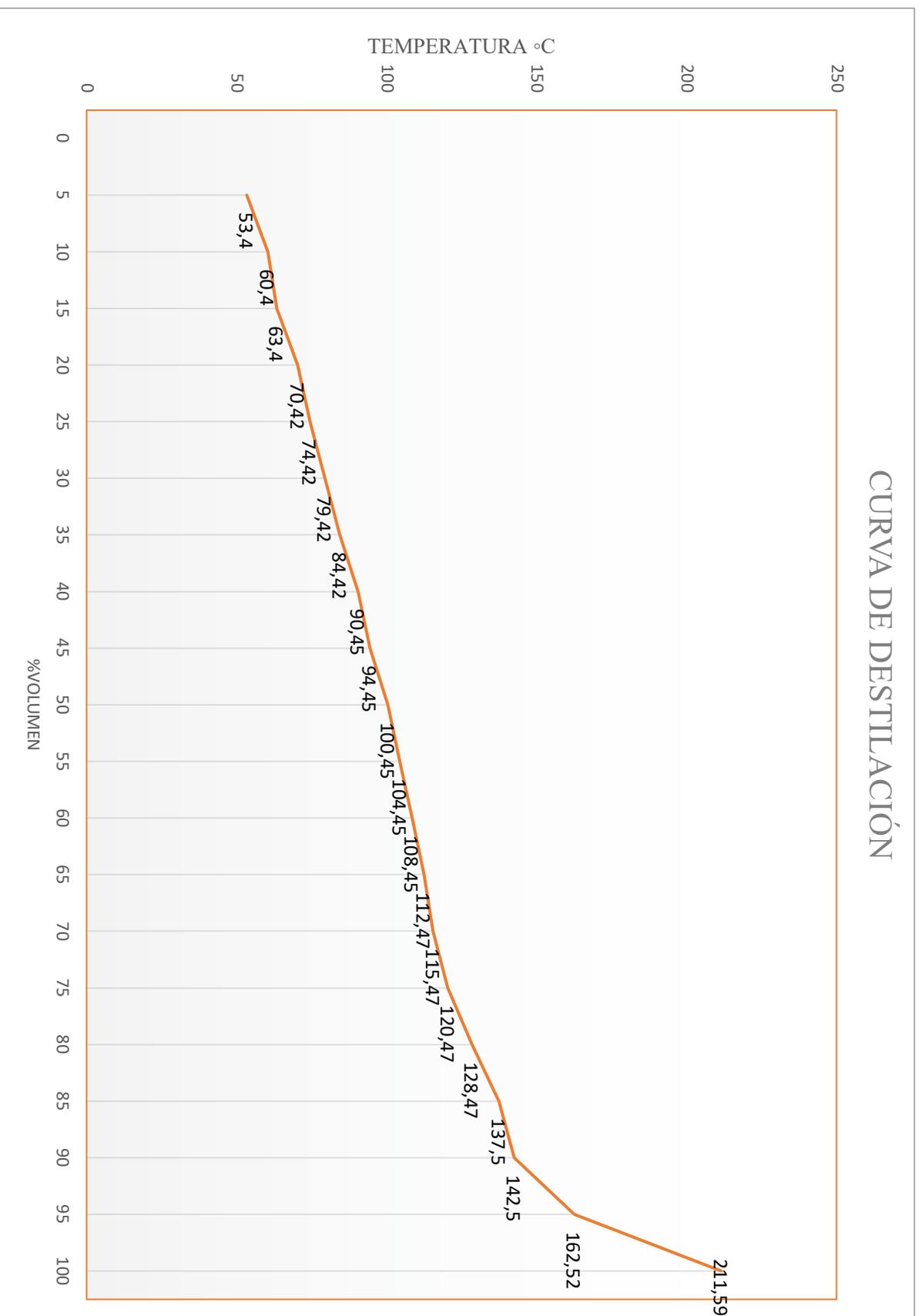
Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 32 Datos experimentales de la tercera Destilación de la gasolina Súper

GASOLINA SÚPER									
Presión ambiente		1002 Hpa		Presión mm Hg		751		Tiempo	
Volumen ml		Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)		Temperatura corregida °C	min	sg	Recupera
0				PENTANO		36,2	-	-	
P.I.E		44	111,2	0,342		44,38	6	20	
5		55	131	0,354		55,40	7	30	
				97,5 ml				Recupera	
				1.5 ml				Residuo	
				99 ml				Recupera	
				1 ml				Pérdida	

10	61	141,8	0,360	61,40	8	46		
15	66	150,8	0,366	66,40	10	06		
17,6	HEXANO			69	-	-		
20	71	159,8	0,371	71,42	11	20		
25	74	165,2	0,374	74,42	12	21		
30	80	177,8	0,381	80,42	13	21		
35	85	185	0,386	85,42	14	24		
40	91	195,8	0,393	91,45	15	29		
45	95	203	0,397	95,45	16	31		
48	HEPTANO			98,5	-	-		
50	100	212	0,402	100,45	17	44		
55	105	221	0,408	105,45	18	44		
60	111	231,8	0,414	111,47	20	02		
65	117	242,6	0,421	117,47	21	18		
70	123	253	0,427	123,47	22	26		
72,3	OCTANO			125,8	-	-		
75	128	262	0,433	128,47	24	00		
80	135	275	0,440	135,50	25	03		
85	140	284	0,446	140,50	26	52		
90	145	293	0,451	145,50	28	17		
91	NONANO			150,7	-	-		
95	170	338	0,478	170,52	31	04		
96	DECANO			174,10	-	-		
97	UNDECANO			195,80	-	-		
P.F.E	211	411,8	0,522	211,59	39	03		
0	DODECANO			216,20	-	-		

CURVA DE DESTILACIÓN



Gráfica 2 Curva de destilación de la Gasolina Súper en la primera prueba

DIÉSEL

Gravedad API

Tabla 33 Datos obtenidos en la primera lectura de °API

DIÉSEL			
Temperatura Ambiente		21,5°C	
Presión		1010 hPa	
Hidrómetro	4 H	Error Hidrómetro	0.023
Termómetro		ASTM 12F	
Temperatura leída		74°F	
API observado		40.5	
Densidad relativa		0.82253	
API corregido		39.4	
API sin error Hidrómetro		39.377	

Tabla 34 Datos obtenidos en la segunda lectura de °API

DIÉSEL			
Temperatura Ambiente		21,5°C	
Presión		1010 hPa	
Hidrómetro	4 H	Error Hidrómetro	0.023
Termómetro		ASTM 12F	
Temperatura leída		73°F	
API observado		40.6	
Densidad relativa		0.82206	
API corregido		39.5	
API sin error Hidrómetro		39.477	

Tabla 35 Datos obtenidos en la tercera lectura de °API

DIÉSEL			
Temperatura Ambiente		21,5°C	
Presión		1009 hPa	
Hidrómetro	4 H	Error Hidrómetro	0.023
Termómetro		ASTM 12F	
Temperatura leída		72.8°F	
API observado		40.4	
Densidad relativa		0.82302	
API corregido		39.4	
API sin error Hidrómetro		39.377	

- **Poder calorífico**

Tabla 36 Datos experimentales para la primera lectura del poder calorífico total del Diésel

PODER CALORÍFICO TOTAL		
°API	Cal/g	BTU/lb
39	10950	19720
39,377	10957,5	19731,3
40	10970	19750

Tabla 37 Datos experimentales para la primera lectura del poder calorífico Net del Diésel

PODER CALORÍFICO NET		
°API	Cal/g	BTU/lb
39	10270	18450
39,377	10273,8	18472,6
40	10280	18510

Tabla 38 Datos experimentales para la segunda lectura del poder calorífico Total del Diésel

PODER CALORÍFICO TOTAL		
°API	Cal/g	BTU/lb
39	10950	19720
39,477	10959,5	19734,3
40	10970	19750

Tabla 39 Datos experimentales para la segunda lectura del poder calorífico Net del Diésel

PODER CALORÍFICO NET		
°API	Cal/g	BTU/lb
39	10270	18450
39,477	10273,8	18472,6
40	10280	18510

Tabla 40 Datos experimentales para la tercera lectura del poder calorífico Total del Diésel

PODER CALORÍFICO TOTAL		
°API	Cal/g	BTU/lb
39	10950	19720
39,377	10957,5	19731,3
40	10970	19750

Tabla 41 Datos experimentales para la tercera lectura del poder calorífico Net del Diésel

PODER CALORÍFICO NET		
°API	Cal/g	BTU/lb
39	10270	18450
39,377	10273,8	18472,6
40	10280	18510

AZUFRE LIBRE Y CORROSIVO EN LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO: CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE

Tabla 42 Datos experimentales obtenidos del análisis del combustible Diésel Premium en el Laboratorio

TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

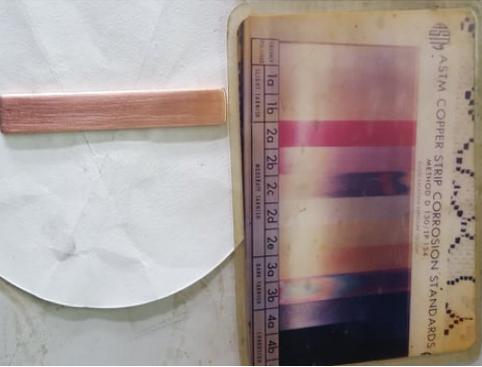
Tabla 43 Resultados obtenidos del análisis observado en la Tabla ASTM Copper Strip Corrosion Standards.

NÚMERO DE MUESTRA	COMBUSTIBLE	RESULTADO	DESCRIPCIÓN
1	DIÉSEL PREMIUM	1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro
2		1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro
3		1-b	Ligeramente manchada, Anaranjado claro

Diésel Premium

Tabla 44 Resultados de la lectura según lo observado: Diésel Premium.

Diésel Premium					
NUMERO DE MUESTRA	TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
1	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

2	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre		Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre		Ligeramente manchada, anaranjado claro

Diésel Premium

Tabla 45 Resultados de la lectura según lo observado: Diésel Premium.

Diésel Premium					
NUMERO DE MUESTRA	TIEMPO (HORAS)	TEMPERATURA DE BAÑO (°C)	MATERIAL A UTILIZAR	RESULTADO DE LECTURA	DESCRIPCIÓN
1	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 1b	Ligeramente manchada, anaranjado claro

2	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 <p>1b</p>	Ligeramente manchada, anaranjado claro
3	3	50 °C ± 1 °C	Tira de cobre	 <p>1b</p>	Ligeramente manchada, anaranjado claro

- **Punto de inflamación NORMA ASTM D-93**

Tabla 46 Datos experimentales en la primera lectura de punto de inflamación

Muestra	Diésel		
T ambiente	20°C		
Presión	1008 Hpa + 1 Hpa = 1009 Hpa		
Ti	12h03 am	ff	12h44 pm
T1 °C	Tiempo		T2 °C
22	1 min		22,5
22,5	1 min		23,8
24	1 min		27
27,5	1 min		32
33	1 min		39
39,5	1 min		46,5
47	1 min		55

Tabla 47 Datos experimentales en la segunda lectura de punto de inflamación

Muestra	Diésel		
T ambiente	21,5 °C		
Presión	1009 Hpa + 1 Hpa = 1010 Hpa		
Ti	11h00 am	ff	11h15 pm
T1 °C	Tiempo		T2 °C
22	1 min		23
23	1 min		25
25,5	1 min		28
29	1 min		33
34	1 min		38
39	1 min		44,5
45	1 min		50
50,5	1 min		58

Tabla 48 Datos experimentales en la tercera lectura de punto de inflamación

Muestra	Diésel		
T ambiente	21,5 °C		
Presión	1009 Hpa + 1 Hpa = 1010 Hpa		
Ti	11h45 am	ff	12h00 pm
T1 °C	Tiempo		T2 °C
22,5	1 min		23,5
23,5	1 min		25
25,5	1 min		28

28,5	1 min	32,5
33	1 min	38
40,5	1 min	46,5
49	1 min	57

- **Viscosidad Cinemática**

Tabla 49 Datos obtenidos en la prueba de Viscosidad Cinemática del Diésel

DIÉSEL	
Equipo	Viscosímetro Cannon
Termómetro	ASTM 120 C
Capilar	75 T 40
Cronómetro	Thomas Scientific
Constante capilar	0,0085837
Temperatura ambiente	21,5°C
Presión	1006 hPa
Prueba	Tiempo
1	6'08"22
2	6'08"64
3	6'08"09

- **Residuo Carbonoso del Diésel al 10%**

Tabla 50 Datos obtenidos de la destilación del Diésel al 90% para primera prueba de RC

DESTILACIÓN DEL DIÉSEL AL 90%			
Volumen	Temperatura en °C	Tiempo	
		Min	seg
P.I.E.	159	15	13
5	188	16	41
10	200	17	53
15	208	18	57
20	215	20	02
25	222	21	10

30	228	22	22
35	236	23	35
40	243	24	42
45	250	25	52
50	258	26	59
55	265	28	06
60	275	29	28
65	282	30	35
70	290	32	15
75	300	33	44
80	311	35	03
85	323	36	22
90	335	38	15

Tabla 51 Datos obtenidos de la destilación del Diésel al 90% para segunda prueba de RC

DESTILACIÓN DEL DIÉSEL AL 90%			
Volumen	Temperatura en °C	Tiempo	
		Min	seg
P.I.E.	166	14	02
5	188	15	11
10	199	16	15
15	206	17	23
20	214	18	31
25	221	19	32
30	228	20	39
35	236	21	48
40	243	22	50
45	251	23	50
50	258	24	52

55	265	26	05
60	273	27	19
65	282	28	24
70	291	29	29
75	300	30	37
80	310	32	04
85	323	33	51
90	339	36	20

Tabla 52 Datos obtenidos de la destilación del Diésel al 90% para tercera prueba de RC

DESTILACIÓN DEL DIÉSEL AL 90%			
Volumen	Temperatura en °C	Tiempo	
		Min	seg
P.I.E.	163	13	11
5	190	14	11
10	198	14	59
15	206	15	48
20	213	16	46
25	219	18	01
30	228	19	10
35	234	20	15
40	242	21	23
45	249	22	30
50	257	23	33
55	269	24	35
60	272	25	48
65	281	27	03
70	291	28	12
75	300	29	12

80	309	30	26
85	322	31	53
90	337	33	14

Tabla 53 Datos correspondientes a los valores de capsula vacía y peso del residuo de Destilación del 90% del Diésel

Prueba	Peso Capsula vacía (g)	Peso muestra (g)
1	23,7084	5,3528
2	19,2797	6,5311
3	24,1899	6,5618

Destilación NORMA ASTM D-86

Tabla 54 Datos experimentales de la primera Destilación de Diésel

DIESEL									
Presión ambiente	Temperatura	Temperatura	Presión mmHg	Temperatura	Tiempo	Recuperad	Residuo	Recuperado total	Pérdida
	°C	°F		758	min	o			
Volume n ml			Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)	corregida °C	sg				
0			PENTANO	36,2	-	-			
0			HEXANO	69	-	-			
0			HEPTANO	98,5	-	-			
0			OCTANO	125,8	-	-			
0			NONANO	150,7	-	-			
P.I.E.	163	325,4		163,13	12	16			
0,00			DECANO	174,10	-	-			
5	189	372,2		189,14	13	5			
8,70			UNDECANO	195,80	-	-			
10	198	388,4		198,14	13	38			
15	205	401		205,14	14	11			
20	213	415,4		213,14	15	9			
22,18			DODECANO	216,20	-	-			
25	220	428		220,14	16	10			
30	226	438,8		226,15	17	4			
35	233	451,4		233,15	18	18			
40	241	465,8		241,15	19	38			
45	249	480,2		249,15	20	48			
50	256,5	493,7		256,65	22	0			
55	264	507,2		264,16	23	21			
						96 ml			
						3.5 ml			
						99.5 ml			
						0.5 ml			

60	271	519,8	0,159	271,16	25	5		
65	281	537,8	0,162	281,16	26	39		
70	291	555,8	0,165	291,16	27	36		
75	299	570,2	0,167	299,17	28	46		
80	309	588,2	0,170	309,17	30	19		
85	322	611,6	0,174	322,17	32	8		
90	336	636,8	0,178	336,18	33	43		
95	344	651,2	0,180	344,18	37	19		
P.F.E.	353	667,4	0,183	353,18	38	18		

Tabla 55 Datos experimentales de la segunda Destilación de Diésel

DIESEL									
Presión ambiente		1010 Hpa		Presión mmHg		758		Tiempo	
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)		Temperatura corregida °C	min	segundo	Recuperado	Residuo
0		PENTANO			36,2	-	-		
0		HEXANO			69	-	-		
0		HEPTANO			98,5	-	-		
0		OCTANO			125,8	-	-		
0		NONANO			150,7	-	-		
P.I.E.	163	325,4			163,13	13	5		
0,00		DECANO		0,127	174,10	-	-		
5	190	374			190,14	13	53		
8,15		UNDECANO		0,138	195,80	-	-		
10	199	390,2			199,14	14	33		
								97 ml	
								2.6 ml	
								99.6 ml	
								0.4 ml	

15	206	402,8		0,140	206,14	15	21			
20	212	413,6		0,142	212,14	16	25			
22,90		DODECANO			216,20	-	-			
25	219	426,2		0,144	219,14	17	55			
30	226	438,8		0,146	226,15	19	19			
35	234	453,2		0,148	234,15	20	48			
40	242	467,6		0,151	242,15	22	1			
45	249	480,2		0,153	249,15	23	4			
50	256	492,8		0,155	256,15	24	12			
55	263	505,4		0,157	263,16	25	26			
60	272	521,6		0,159	272,16	26	42			
65	280	536		0,162	280,16	27	52			
70	290	554		0,165	290,16	29	7			
75	299	570,2		0,167	299,17	30	35			
80	311	591,8		0,171	311,17	31	54			
85	322	611,6		0,174	322,17	33	14			
90	337	638,6		0,178	337,18	34	57			
95	355	671		0,184	355,18	37	12			
P.F.E.	360	680		0,185	360,19	39	3			

Tabla 56 Datos experimentales de la primera Destilación de Diésel

DIÉSEL										
Presión ambiente		1008	Presión mmHg		756	Tiempo		Recuperado		
Volumen ml	Temperatura °C	Temperatura °F	Corrección barométrica de la Temperatura (Ecuación Sydney Young)		Temperatura corregida °C	min	sg	Residuo	Recuperado total	Pérdida

0		PENTANO		36,2	-	-
0		HEXANO		69	-	-
0		HEPTANO		98,5	-	-
0		OCTANO		125,8	-	-
0		NONANO		150,7	-	-
P.I.E.	165	329	0,210	165,21	14	47
0,00		DECANO		174,10	-	-
5	189	372,2	0,222	189,22	16	52
8,29		UNDECANO		195,80	-	-
10	199	390,2	0,227	199,23	17	59
15	207	404,6	0,230	207,23	19	8
20	214	417,2	0,234	214,23	20	14
21,23		DODECANO		216,20	-	-
25	222	431,6	0,238	222,24	21	18
30	229	444,2	0,241	229,24	22	19
35	235	455	0,244	235,24	23	26
40	244	471,2	0,248	244,25	24	38
45	251	483,8	0,252	251,25	25	53
50	259	498,2	0,255	259,26	27	9
55	266	510,8	0,259	266,26	28	22
60	274	525,2	0,263	274,26	29	36
65	282	539,6	0,266	282,27	30	53
70	291	555,8	0,271	291,27	32	19
75	300	572	0,275	300,28	33	51
80	311	591,8	0,280	311,28	35	21
85	323	613,4	0,286	323,29	36	47

97 ml

2.9 ml |

99.9 ml

0.1 ml

90	337	638,6	0,293	337,29	38	38				
95	355	671	0,301	355,30	41	21				
P.F.E.	359	678,2	0,303	359,30	43	8				

CURVA DE DESTILACIÓN

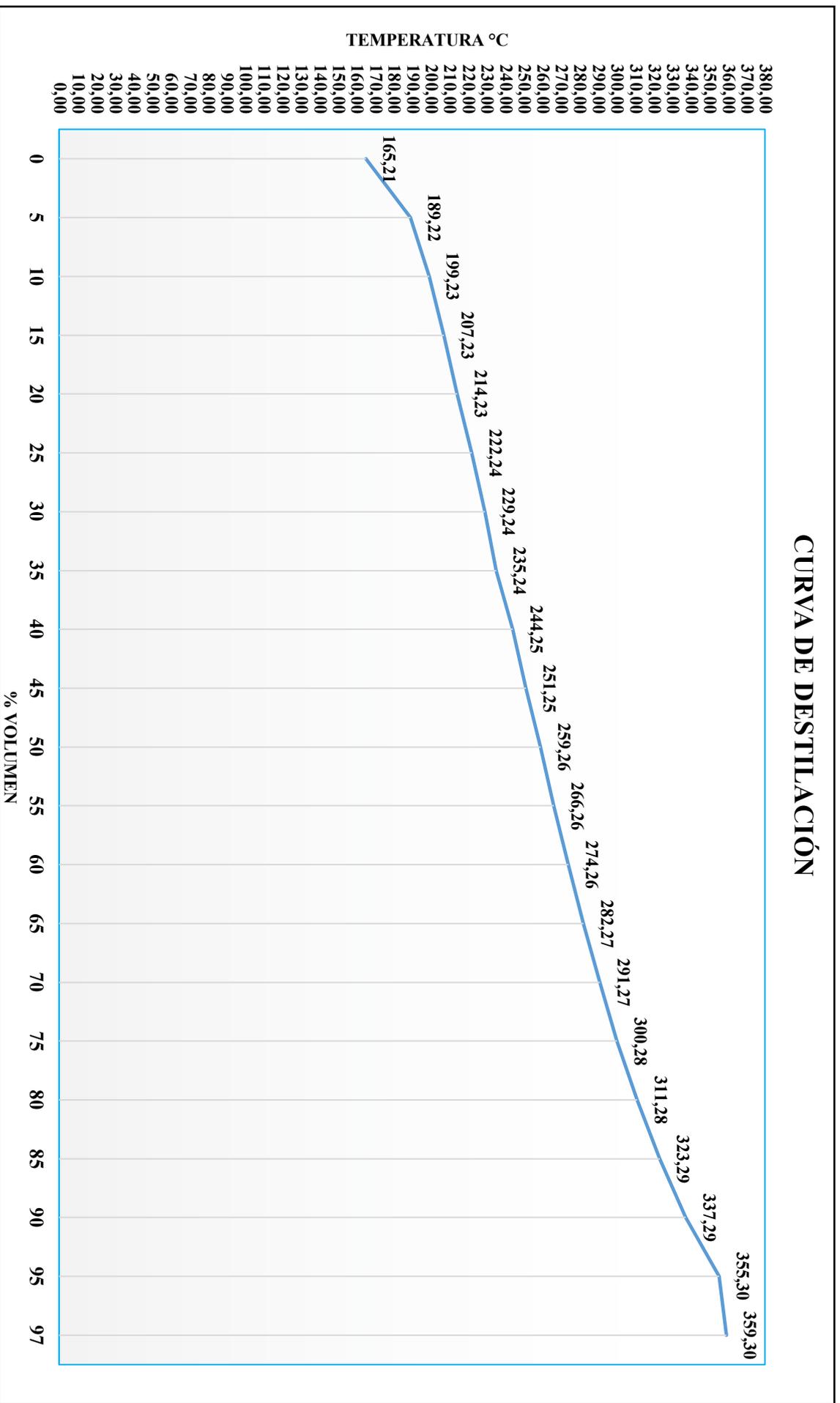


Gráfico 4 Curva de destilación del Diésel en la tercera prueba

CÁLCULOS

GASOLINA SÚPER 92 OCTANOS

Vapor Reid

PRIMERA PRUEBA

Conversión en unidades de presión.

- PSI

$$PVR = 7,1 \frac{lb}{pulg^2} = 7,1 \text{ PSI}$$

- atm

$$7,1 \text{ PSI} \times \frac{1 \text{ atm}}{14,7 \text{ PSI}} = 0,4830 \text{ atm}$$

- Pa

$$7,1 \text{ PSI} \times \frac{6894,76 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} = 48952,796 \text{ Pa}$$

- KPa

$$48952,796 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ KPa}}{1000 \text{ Pa}} = 48,953 \text{ KPa}$$

- Bar

$$7,1 \text{ PSI} \times \frac{0,0689 \text{ Bar}}{1 \text{ PSI}} = 0,48919 \text{ Bar}$$

Tabla 57 Resultados obtenidos por conversión con el valor correspondiente a la Presión de Vapor REID leído de forma experimental.

UNIDAD DE PRESIÓN	VALOR
PSI	7,1
atm	0,4830
Pa	48952,796
Kpa	48,953
Bar	0,48919

SEGUNDA PRUEBA

Conversión en unidades de presión.

- PSI

$$PVR = 6,7 \frac{lb}{pulg^2} = 6,7 \text{ PSI}$$

- atm

$$6,7 \text{ PSI} \times \frac{1 \text{ atm}}{14,7 \text{ PSI}} = 0,4558 \text{ atm}$$

- Pa

$$6,7 \text{ PSI} \times \frac{6894,76 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} = 46194,892 \text{ Pa}$$

- KPa

$$46194,892 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ KPa}}{1000 \text{ Pa}} = 46,195 \text{ KPa}$$

- Bar

$$8,1 \text{ PSI} \times \frac{0,0689 \text{ Bar}}{1 \text{ PSI}} = 0,46163 \text{ Bar}$$

Tabla 58 Resultados obtenidos por conversión con el valor correspondiente a la Presión de Vapor REID leído de forma experimental.

UNIDAD DE PRESIÓN	VALOR
PSI	6,7
atm	0,4558
Pa	46194,892
Kpa	46,195
Bar	0,46163

TERCERA PRUEBA

Conversión en unidades de presión.

- PSI

$$PVR = 7,2 \frac{lb}{pulg^2} = 7,2 \text{ PSI}$$

- atm

$$7,2 \text{ PSI} \times \frac{1 \text{ atm}}{14,7 \text{ PSI}} = 0,4898 \text{ atm}$$

- Pa

$$7,2 \text{ PSI} \times \frac{6894,76 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} = 49642,272 \text{ Pa}$$

- KPa

$$49642,272 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ KPa}}{1000 \text{ Pa}} = 49,642 \text{ KPa}$$

- Bar

$$7,2 \text{ PSI} \times \frac{0,0689 \text{ Bar}}{1 \text{ PSI}} = 0,49608 \text{ Bar}$$

Tabla 59 Resultados obtenidos por conversión con el valor correspondiente a la Presión de Vapor REID leído de forma experimental.

UNIDAD DE PRESIÓN	VALOR
PSI	7,2
atm	0,4898
Pa	49642,272
Kpa	49,642
Bar	0,49608

- Destilación

Tabla 60 Datos de temperatura necesarios para realizar los cálculos de destilación de Gasolina Súper

% Volumen	Temperatura °C
10	60
30	79
50	100
70	115
90	142

$$VABP = \frac{\Sigma 10\% + \Sigma 30\% + \Sigma 50\% + \Sigma 70\% + \Sigma 90\%}{5}$$

$$VABP = \frac{60 + 79 + 100 + 115 + 142}{5}$$

$$VABP = 99.2 \text{ °C}$$

- Cálculo de la pendiente

$$SL = \frac{T_{90} - T_{10}}{80}$$

$$SL = \frac{142 - 60}{80} = 1.025^{\circ}\text{C}$$

- Convertir °C a °K

$$VABP = 99.2^{\circ}\text{C} + 273.15 = 372.35^{\circ}\text{K}$$

➤ ECUACIÓN 3.9

$$\ln(-\Delta Tw) = -3.64991 - 0.02706(VABP - 273.15)^{0.6667} + 5.163875SL^{0.25}$$

$$n(-\Delta Tw) = -3.64991 - 0.02706(372.35 - 273.15)^{0.6667} + 5.163875(1.025)^{0.25}$$

$$\ln(-\Delta Tw) = 0.965975534$$

$$e^{\ln(-\Delta Tw)} = e^{0.965975534}$$

$$\Delta Tw = -2.627349475$$

$$Tw = VABP - \Delta Tw$$

$$Tw = 372.35 - (-2.627349475) = 374.9773495^{\circ}\text{C} = 706.9592^{\circ}\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.10

$$\ln(\Delta Tm) = -1,15158 - 0,01181 * (VABP - 273,15)^{0,6667} + 3,70612 * SL^{0,333}$$

$$\ln(\Delta Tm) = -1,15158 - 0,01181 * (372,35 - 273,15)^{0,6667} + 3,70612 * (1,025)^{0,333}$$

$$\ln(\Delta Tm) = 4.635181025$$

$$e^{\ln(\Delta Tm)} = e^{4.635181025}$$

$$\Delta Tm = 103.0465703$$

$$Tm = VABP - \Delta Tm$$

$$Tm = 372.35 - (103.0465703) = 269.3034297^{\circ}\text{C} = 516.746^{\circ}\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.11

$$\ln(\Delta Tc) = -0,82368 - 0,08997 * (VABP - 273,15)^{0,45} + 2,456791 * SL^{0,45}$$

$$\ln(\Delta Tc) = -0,82368 - 0,08997 * (372,35 - 273,15)^{0,45} + 2,456791 * (1,025)^{0,45}$$

$$\ln(\Delta T_c) = 0.948483634$$

$$e^{\ln(\Delta T_c)} = e^{0.948483634}$$

$$\Delta T_c = 2.581791748$$

$$T_c = VABP - \Delta T_c$$

$$T_c = 372.35 - (2.581791748) = 369.7682^\circ\text{C} = 697.5827^\circ\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.12

$$\ln(\Delta T_{Me}) = -1,53181 - 0,0128 * (VABP - 273,15)^{0,6667} + 3,646064 * SL^{0,333}$$

$$\ln(\Delta T_{Me}) = -1,53181 - 0,0128 * (372.35 - 273,15)^{0,6667} + 3,646064 * (1.025)^{0,333}$$

$$\ln(\Delta T_{Me}) = 1.870020922$$

$$e^{\ln(\Delta T_{Me})} = e^{1.870020922}$$

$$\Delta T_{Me} = 6.488432149$$

$$T_{Me} = VABP - \Delta T_{Me}$$

$$T_{Me} = 372.35 - (6.488432149) = 365.8615679^\circ\text{C} = 690.5508^\circ\text{F}$$

➤ RESUMEN DE TEMPERATURAS

Tabla 61. Resumen de las temperaturas

Temperaturas promedio	°C	°F	°R
T_w	374,9773	706,9592	1166,9592
T_m	269,3034	516,746	976,746
T_c	369,7682	697,5827	1157,5827
T_b	365,8615	690,5508	1150,5508

➤ CÁLCULO DEL PESO MOLECULAR

$$M = (20,486 * T_b^{1,26007}) * (SG^{4,9308}) * (e^{0,0001165 * T_b - 7,78712 * SG + 0,0011582 * T_b * SG})$$

$$M = (20,486 * 1150,5508^{1,26007}) * (0.72424^{4,9308}) * (e^{0,0001165 * 1150,5508 - 7,78712 * 0.72424 + 0,0011582 * 1150,5508 * 0.72424})$$

$$M = 229.9452292 \frac{lb}{mol lb}$$

GASOLINA ECOPAIS

VAPOR REID

PRIMERA PRUEBA

Conversión en unidades de presión.

- PSI

$$PVR = 6,4 \frac{lb}{pulg^2} = 6,4 \text{ PSI}$$

- atm

$$6,4 \text{ PSI} \times \frac{1 \text{ atm}}{14,7 \text{ PSI}} = 0,4354 \text{ atm}$$

- Pa

$$6,4 \text{ PSI} \times \frac{6894,76 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} = 44126,464 \text{ Pa}$$

- KPa

$$44126,464 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ KPa}}{1000 \text{ Pa}} = 44,126 \text{ KPa}$$

- Bar

$$6,4 \text{ PSI} \times \frac{0,0689 \text{ Bar}}{1 \text{ PSI}} = 0,44096 \text{ Bar}$$

Tabla 62 Resultados obtenidos por conversión con el valor correspondiente a la Presión de Vapor REID leído de forma experimental.

UNIDAD DE PRESIÓN	VALOR
PSI	6,4
atm	0,4354
Pa	44126,464
Kpa	44,126
Bar	0,44096

SEGUNDA PRUEBA

Conversión en unidades de presión.

- PSI

$$PVR = 6,3 \frac{lb}{pulg^2} = 6,3 \text{ PSI}$$

- atm

$$6,3 \text{ PSI} \times \frac{1 \text{ atm}}{14,7 \text{ PSI}} = 0,4286 \text{ atm}$$

- Pa

$$6,3 \text{ PSI} \times \frac{6894,76 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} = 43436,988 \text{ Pa}$$

- KPa

$$43436,988 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ KPa}}{1000 \text{ Pa}} = 43,437 \text{ KPa}$$

- Bar

$$6,3 \text{ PSI} \times \frac{0,0689 \text{ Bar}}{1 \text{ PSI}} = 0,43407 \text{ Bar}$$

Tabla 63 Resultados obtenidos por conversión con el valor correspondiente a la Presión de Vapor REID leído de forma experimental.

UNIDAD DE PRESIÓN	VALOR
PSI	6,3
atm	0,4286
Pa	43436,988
Kpa	43,437
Bar	0,43407

TERCERA PRUEBA

Conversión en unidades de presión.

- PSI

$$PVR = 6,5 \frac{lb}{pulg^2} = 6,5 \text{ PSI}$$

- atm

$$6,5 \text{ PSI} \times \frac{1 \text{ atm}}{14,7 \text{ PSI}} = 0,4422 \text{ atm}$$

- Pa

$$6,5 \text{ PSI} \times \frac{6894,76 \text{ Pa}}{1 \text{ PSI}} = 44815,94 \text{ Pa}$$

- KPa

$$44815,94 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ KPa}}{1000 \text{ Pa}} = 44,816 \text{ KPa}$$

- Bar

$$6,5 \text{ PSI} \times \frac{0,0689 \text{ Bar}}{1 \text{ PSI}} = 0,44785 \text{ Bar}$$

Tabla 64 Resultados obtenidos por conversión con el valor correspondiente a la Presión de Vapor REID leído de forma experimental.

UNIDAD DE PRESIÓN	VALOR
PSI	6,5
atm	0,4422
Pa	44815,94
Kpa	44,816
Bar	0,44785

- Destilación

Tabla 65 Datos de temperatura necesarios para realizar los cálculos de destilación de Gasolina EcoPaís.

% Volumen	Temperatura °C
10	56
30	80
50	101
70	133
90	177

$$VABP = \frac{\sum 10\% + \sum 30\% + \sum 50\% + \sum 70\% + \sum 90\%}{5}$$

$$VABP = \frac{56 + 80 + 101 + 133 + 177}{5}$$

$$VABP = 109.4^{\circ}C$$

- Cálculo de la pendiente

$$SL = \frac{T_{90} - T_{10}}{80}$$

$$SL = \frac{177 - 56}{80} = 1.5125^{\circ}C$$

- Convertir °C a °K

$$VABP = 109.4^{\circ}C + 273.15 = 382.55^{\circ}K$$

➤ ECUACIÓN 3.9

$$\ln(-\Delta Tw) = -3.64991 - 0.02706(VABP - 273.15)^{0.6667} + 5.163875SL^{0.25}$$

$$n(-\Delta Tw) = -3.64991 - 0.02706(382.55 - 273.15)^{0.6667} + 5.163875(1.5125)^{0.25}$$

$$\ln(-\Delta Tw) = 1.45765458$$

$$e^{\ln(-\Delta Tw)} = e^{1.45765458}$$

$$\Delta Tw = -4.295872078$$

$$Tw = VABP - \Delta Tw$$

$$Tw = 382.55 - (-4.295872078) = 386.8458721^{\circ}C = 728.3225^{\circ}F$$

➤ ECUACIÓN 3.10

$$\ln(\Delta Tm) = -1,15158 - 0,01181 * (VABP - 273,15)^{0,6667} + 3,70612 * SL^{0,333}$$

$$\ln(\Delta Tm) = -1,15158 - 0,01181 * (382,55 - 273,15)^{0,6667} + 3,70612 * (1,5125)^{0,333}$$

$$\ln(\Delta Tm) = 2.831847698$$

$$e^{\ln(\Delta Tm)} = e^{2.831847698}$$

$$\Delta Tm = 16.97679987$$

$$Tm = VABP - \Delta Tm$$

$$T_m = 382.55 - (16.97679987) = 365.5732001^\circ\text{C} = 690.0317^\circ\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.11

$$\ln(\Delta T_c) = -0,82368 - 0,08997 * (VABP - 273,15)^{0,45} + 2,456791 * SL^{0,45}$$

$$\ln(\Delta T_c) = -0,82368 - 0,08997 * (382.55 - 273,15)^{0,45} + 2,456791 * (1.5125)^{0,45}$$

$$\ln(\Delta T_c) = 1.39176568$$

$$e^{\ln(\Delta T_c)} = e^{1.391765684}$$

$$\Delta T_c = 4.021945257$$

$$T_c = VABP - \Delta T_c$$

$$T_c = 382.55 - (4.021945257) = 378.5280547^\circ\text{C} = 713.3504^\circ\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.12

$$\ln(\Delta T_{Me}) = -1,53181 - 0,0128 * (VABP - 273,15)^{0,6667} + 3,646064 * SL^{0,333}$$

$$\ln(\Delta T_{Me}) = -1,53181 - 0,0128 * (382.55 - 273,15)^{0,6667} + 3,646064 * (1.5125)^{0,333}$$

$$\ln(\Delta T_{Me}) = 2.360040863$$

$$e^{\ln(\Delta T_{Me})} = e^{2.360040863}$$

$$\Delta T_{Me} = 10.59138424$$

$$T_{Me} = VABP - \Delta T_{Me}$$

$$T_{Me} = 382.55 - (10.59138424) = 365.8615679^\circ\text{C} = 690.55082^\circ\text{F}$$

➤ RESUMEN DE TEMPERATURAS

Tabla 66. Resumen de las temperaturas

Temperaturas promedio	°C	°F	°R
Tw	386.8458721	728.3225	1187.9925
Tm	365.5732001	690.0317	1149.7017
Tc	378.5280547	713.3504	1173.0204
Tb	365,8615	690,5508	1150.2208

➤ **CÁLCULO DEL PESO MOLECULAR**

$$M = (20,486 * Tb^{1,26007}) * (SG^{4,9308}) * (e^{0,0001165*Tb-7,78712*SG+0,0011582*Tb*SG})$$

$$M = (20,486 * 1150.2208^{1,26007}) * (0.729^{4,9308}) * (e^{0,0001165*1150.2208-7,78712*0.729+0,0011582*1150.2208*0.729})$$

$$M = 320.5913985 \frac{lb}{mol lb}$$

DIÉSEL

- Viscosidad Cinemática

Tabla 67 Datos obtenidos en la prueba de viscosidad cinemática del Diésel

Prueba	Tiempo			Constante capilar	Viscosidad Cinemática mm ² /s
	min	segundos	milisegundo		
1	6	8	22	0,0085837	3,161
2	6	8	64		3,164
3	6	8	9		3,160

$$Viscosidad\ cinemática = Constante\ capilar * Tiempo\ (seg)$$

- Viscosidad Saybolt

Tabla 68 Datos de viscosidad cinemática para la interpolación del primer valor de Viscosidad Saybolt

Viscosidad Cinemática (cSt)	Viscosidad Saybolt (SSU)
3.1	36.9
3.161	37.144
3.2	37.3

Tabla 69 Datos de viscosidad cinemática para la interpolación del segundo valor de Viscosidad Saybolt

Viscosidad Cinemática (cSt)	Viscosidad Saybolt (SSU)
3.1	36.9
3.164	37.156
3.2	37.3

Tabla 70 Datos de viscosidad cinemática para la interpolación del tercer valor de Viscosidad Saybolt

Viscosidad Cinemática (cSt)	Viscosidad Saybolt (SSU)
3.1	36.9
3.16	37.14
3.2	37.3

- **Residuo Carbonoso**

Tabla 71 Datos obtenidos al realizar los respectivos cálculos en residuo carbonoso

Prueba	Peso Capsula vacía (g)	Peso muestra (g)	Peso muestra quemada (g)	%Residuo Carbonoso
1	23,7084	5,3528	23,7116	0,04857
2	19,2797	6,5311	19,2797	0
3	24,1899	6,5618	24,1903	0,006095

$$\%RC = \frac{\text{Peso quemado} - \text{peso cápsula}}{\text{peso muestra}} * 100$$

— **Ceniza**

Tabla 72 Datos obtenidos al realizar los respectivos cálculos en % de ceniza

Prueba	Peso Capsula vacía (g)	Peso muestra (g)	Peso muestra hecha ceniza (g)	%Ceniza
1	23,7084	5,3528	23.7089	0.0093
2	19,2797	6,5311	19.2802	0.0077
3	24,1899	6,5618	24.1899	0

$$\%RC = \frac{\text{Peso hecha ceniza} - \text{peso cápsula}}{\text{peso muestra}} * 100$$

- Agua por destilación

Tabla 73 Datos obtenidos al realizar los respectivos cálculos en % de volumen de agua

Prueba	Tolueno (ml)	Muestra de Diésel (ml)	Muestra en la trampa (ml)	% Volumen de agua (ml)
1	25	25	0	0
2	25	25	0	0
3	25	25	0	0

$$\% \text{ Volumen de agua} = \frac{\text{ml de muestra en la trampa}}{\text{ml de muestra colocada}} * 100$$

- Índice de cetano

Tabla 74 Datos obtenidos al realizar los respectivos cálculos en Índice de Cetano

Prueba	°API	Temperatura ebullición 50% del recuperado	IC
1	39.4	257	52.5337
2	39.5	256	52.466
3	39.4	257	52.5337

$$IC = -420.34 + 0.016 G^2 + 0.192G \log M + 65.01(\log M)^2 - 0.0001809M^2$$

Donde:

G= °API, determinado por ASTM D287 o D1298

M= punto de ebullición medio en °F, determinado por ASTM D 86

- Destilación

Tabla 75 Datos de temperatura necesarios para realizar los cálculos de destilación del Diésel

% Volumen	Temperatura °C
10	199
30	299
50	259
70	291
90	337

$$VABP = \frac{\sum 10\% + \sum 30\% + \sum 50\% + \sum 70\% + \sum 90\%}{5}$$

$$VABP = \frac{199 + 229 + 259 + 291 + 337}{5}$$

$$VABP = 263 \text{ °C}$$

• Cálculo de la pendiente

$$SL = \frac{T_{90} - T_{10}}{80}$$

$$SL = \frac{337 - 199}{80} = 1.725 \text{ °C}$$

- Convertir °C a °K

$$VABP = 263^{\circ}\text{C} + 273.15 = 536.15^{\circ}\text{K}$$

➤ ECUACIÓN 3.9

$$\ln(-\Delta T_w) = -3.64991 - 0.02706(536.15 - 273.15)^{0.6667} + 5.163875SL^{0.25}$$

$$\ln(-\Delta T_w) = 1.157067$$

$$e^{\ln(-\Delta T_w)} = e^{1.157067}$$

$$\Delta T_w = -3.180593$$

$$T_w = VABP - \Delta T_w$$

$$T_w = 263 - (-3.180593) = 266.1806^{\circ}\text{C} = 511.125^{\circ}\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.10

$$\ln(\Delta T_m) = -1,15158 - 0,01181 * (536.15 - 273,15)^{0,6667} + 3,70612 * SL^{0,333}$$

$$\ln(\Delta T_m) = 2,8075009$$

$$e^{\ln(\Delta T_m)} = e^{2,8075009}$$

$$\Delta T_m = 16.56846$$

$$T_m = VABP - \Delta T_m$$

$$T_m = 263 - (16.56846) = 246.4315^{\circ}\text{C} = 475.577^{\circ}\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.11

$$\ln(\Delta T_c) = -0,82368 - 0,08997 * (536.15 - 273,15)^{0,45} + 2,456791 * SL^{0,45}$$

$$\ln(\Delta T_c) = 1.2119977$$

$$e^{\ln(\Delta T_c)} = e^{1.2119977}$$

$$\Delta T_c = 3.360191$$

$$T_c = VABP - \Delta T_c$$

$$T_c = 263 - (3.360191) = 259.6398^{\circ}\text{C} = 499.352^{\circ}\text{F}$$

➤ ECUACIÓN 3.12

$$\ln(\Delta T_{Me}) = -1,53181 - 0,0128 * (536.15 - 273,15)^{0,6667} + 3,646064 * SL^{0,333}$$

$$\ln(\Delta T_{Me}) = 2.3146123$$

$$e^{\ln(\Delta T_{Me})} = e^{2.3146123}$$

$$\Delta T_{Me} = 10.121$$

$$T_{Me} = VABP - \Delta T_{Me}$$

$$T_{Me} = 263 - (10.121) = 252.879^{\circ}\text{C} = 487.182^{\circ}\text{F}$$

➤ RESUMEN DE TEMPERATURAS

Temperaturas promedio	°C	°F	°R
Tw	266,1806	511,125	971,125
Tm	246,4315	475,577	935,577
Tc	259,6398	499,352	959,352
Tb	252,8790	487,182	947,182

➤ **CÁLCULO DEL PESO MOLECULAR**

$$M = (20,486 * Tb^{1,26007}) * (SG^{4,9308}) * (e^{0,0001165 * Tb - 7,78712 * SG + 0,0011582 * Tb * SG})$$

$$M = (20,486 * 947.182^{1,26007}) * (0.82797^{4,9308}) * (e^{0,0001165 * 947.182 - 7,78712 * 0.82797 + 0,0011582 * 947.182 * 0.82797})$$

$$M = 199.5256236 \frac{lb}{mol lb}$$

RESULTADOS

Tabla 76 VALORES OBTENIDOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA SUPER

GASOLINA SÚPER							
REQUISITOS	UNIDAD	RESULTADOS			NORMA INEN 935		
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Mínimo	Máximo	
Gravedad API	-	63.2	63.2	63.2	-	-	
Número de octano Research (RON)	-	-	-	-	92	-	
Destilación	Recuperado	ml	98	97.5	97.9	-	-
	Residuo		1.5	1.5	1.5		
	Pérdida		0.5	1.00	0.6		
	10 %	°C	60	61	59		
	50 %		100	101	100		
	90 %		142	145	144		
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	1b	1b	1b	-	1	
Vapor Reid	kPa	48,953	46,195	49,642	-	60	

Tabla 77 VALORES OBTENIDOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA GASOLINA ECO

GASOLINA ECO							
REQUISITOS	UNIDAD	RESULTADOS			NORMA INEN 935		
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Mínimo	Máximo	
Gravedad API	-	62.3	62.4	62.4	-	-	
Número de octano Research (RON)	-	—	—	—	93	-	
Destilación	Recuperado	ml	98	97.5	98	-	-
	Residuo		1.4	1.5	1		
	Pérdida		0.6	1	1		
	10 %	°C	63	56	55		
	50 %		100	101	101		
	90 %		175	187	187		
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	1b	1b	1b	-	1	
Vapor Reid	kPa	44,126	43,437	44,816	-	60	

Tabla 78 VALORES OBTENIDOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL DIÉSEL

DIÉSEL							
REQUISITOS	UNIDAD	RESULTADOS			NORMA INEN 1489		
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Mínimo	Máximo	
Punto de Inflamación	°C	58	58	57	51	-	
Contenido de agua	%	0	0	0	-	0.05	
Gravedad API	-	39.377	39.477	39.377	-	-	
Poder Calorífero	Total	Cal/g	10957.5	10959.5	10957.5	-	-
	Net		10273,8	10274.8	10273,8		
	Total	BTU/lb	19731,3	19734.3	19731,3		
	Net		18472.6	18478.6	18472.6		
% Residuo Carbonoso	%	0.04857	0	0.006095	-	0.15	
% Ceniza	%	0,0093	0,0077	0	-	0.01	

Viscosidad cinemática a 40°C		mm ² /s	3.161	3.164	3.160	2	5
Viscosidad Saybolt		mm ² /s (SSU)	37,144	37,156	37,14	-	-
Índice de cetano		-	52,5337	52,466	52,5337	45	-
Destilación	Recuperado	ml	96	97	97	-	-
	Residuo		3.5	2.6	2.9		
	Pérdida		0.5	0.4	0.1		
	10 %	°C	198	199	199		
	50 %		256.5	256	259		
	90 %		336	337	337		
Corrosión a la lámina de cobre		Clasificación	1b	1b	1b		No. 3
Vapor Reid		kPa	--	--	--	-	-

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la práctica corrosión a la lámina de cobre se empleó el método de la Norma INEN 927 y ASTM D130. Se aplicó en la gasolina ecopaís, el cual se llevó a baño de agua durante 3 horas \pm 5 min a una temperatura de 50°C \pm 1°C. Las tres muestras dieron como resultado 1-b lo cual indica que la lámina de cobre está ligeramente manchada y presenta un anaranjado claro es decir posee baja concentración de azufre por lo tanto se encuentra dentro del máximo permisible según la norma INEN 935 y es acta para su comercialización.

El método que se empleó para realizar el análisis de Presión de Vapor Reid (PVR) con muestras de gasolina súper de 92 Octanos fue INEN 928 y REID ASTM D-323. El valor correspondiente a la presión de vapor que se encontró en la cuarta lectura de la primera muestra fue de 48,953 KPa, la segunda muestra se obtuvo una presión de 46,195 KPa y en la tercera muestra 49.642 KPa, dichos valores se encuentran entre las especificaciones para gasolina que son de 60Kpa según la Norma INEN 935.

Se logró determinar el punto de ebullición inicial y final de la gasolina ECO, aplicando la metodología establecida en la norma ASTM D86 e

INEN 926, siendo este de 42 en 5 minutos y 17 segundos; 218 en 42 minutos y 34 segundos respectivamente. Logrando un recuperado de 97 ml, un residuo de 1,5 ml y dando como resultado un recobrado de 99 ml, obteniendo una pérdida de 1ml. Lo cual indica que en la respectiva destilación hubo una fuga por no estar correctamente ubicado el tapón que sostiene al termómetro.

En la práctica corrosión a la lámina de cobre se empleó el método de la Norma INEN 927 y ASTM 130. Se aplicó en la gasolina súper, el cual se llevó a baño de agua durante 3 horas \pm 5 min a una temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Las tres muestras dieron como resultado 1-b lo cual indica que la lámina de cobre está ligeramente manchada y presenta un anaranjado claro es decir posee baja concentración de azufre por lo tanto se encuentra dentro del máximo permisible según la norma INEN 935 y es apta para su comercialización.

Por medio de la metodología de la norma ASTM D86 e INEN 926 se determinó el punto de ebullición inicial y final de la gasolina SÚPER, siendo este de 40°C en 5 minutos y 51 segundos; 211°C en 33 minutos y 29 segundos respectivamente. Logrando un recuperado de 98 ml, un residuo de 1,5 ml y dando como resultado un recobrado de 99,5 ml, obteniendo una pérdida de 0,5 ml. Lo cual indica que en la respectiva destilación hubo una pequeña fuga por no estar correctamente ubicado el tapón que sostiene al termómetro en el matraz.

Aplicando la metodología de la norma ASTM D86 e INEN 926 se determinó el punto de ebullición inicial y final del combustible Diésel el cual dio como resultado los siguientes puntos, punto de ebullición inicial fue 165°C en un tiempo de 14 minutos y 47 segundos; mientras que su punto de ebullición final fue de 359°C en un tiempo de 43 minutos y 8 segundos respectivamente. Logrando un recuperado de 97 ml, un residuo de 2,9 ml y dando como resultado un recobrado de 99,9 ml, obteniendo una pérdida de 0,1 ml. Lo cual indica que en la respectiva destilación no hubo presencia de fugas.

En lo que respecta al Diésel los resultados obtenidos se determinó un promedio de tres pruebas que se realizaron por cada parámetro analizado, para punto de inflamación se obtuvo $57,67^{\circ}\text{C}$, contenido de agua de 0%, gravedad API de 39,41, poder calorífico total de 10958,17 Cal/g, poder calorífico Net de 10274,13 Cal/g, %Residuo carbonoso

0,0273325%, % de cenizas de 0,0085%, viscosidad cinemática a 40°C de 3,1617 mm²/s, viscosidad Saybolt de 37,1467 mm²/s, índice de cetano de 52,5111, destilación (recuperado 97 ml, residuo 2,6 ml), para corrosión a lámina de cobre se caracterizó como 1b, dichos valores se encuentran dentro de los mínimos y máximos requeridos del diésel establecidos por la norma INEN 1489 (INEN1489, 2013).

CONCLUSIONES

Se logró analizar la corrosión mediante la lámina de cobre en la Gasolina Súper de 92 octanos, Gasolina EcoPaís y el Diésel Premium empleando el método de la Norma INEN 927 y ASTM D130 comparando con la Normativa INEN 935 para las gasolinas e INEN 1489 para el diésel Premium los cuales obtuvieron un resultado de 1-b que según la descripción presentan una ligera mancha de color naranja claro, el análisis de corrosión de la lámina de cobre es necesario realizarla a los combustibles ya que permite asegurar que la corrosión en los sistemas de combustible, derivada de los componentes de azufre presentes sea la mínima, ya que estos producen corrosión y desgastes.

Como resultado de la práctica se concluye que el nivel de volatilidad que presentó la Gasolina Súper y la gasolina EcoPaís se encuentra dentro del máximo permisible que es de 60Kpa según la Norma 935. Concluyendo que la presión de vapor es muy importante tanto para las gasolinas automotivas como de aviación; porque, ésta afecta el arranque, el calentamiento y la tendencia a vaporización cuando se trabaja altas temperaturas o grandes altitudes, además de que los límites máximos de presión de vapor para gasolinas se establecen oficialmente en algunos lugares como medida para control de la contaminación del aire, De esta forma se logró comprobar que las gasolinas que se comercializan a diario en el país se encuentra en condiciones óptimas para ser utilizada.

Las pruebas realizadas en el Laboratorio de Petróleo de la Facultad de Ingeniería Química para el Diésel corroboraron que todos los parámetros analizados se encuentran dentro del rango establecido por la norma INEN 1489, dando como conclusión que se cumplieron a detalle el procedimiento de cada parámetro detallados en la Norma ASTM (American Society of Testing Materials), cabe mencionar que la muestra

analizada se la recolecto de una gasolinera situada en la Ciudad de Guayaquil, demostrando que el diésel se encuentra en condiciones óptimas para su venta al cumplir con los requisitos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, al momento de realizar cada prueba a las diferentes muestras, tapar la muestra con el fin de que no se volatilice el combustible y por ende no tener el volumen medido correctamente del establecido para el proceso.
- Se recomienda lavar los materiales y limpiar los equipos empleados entre cada prueba a pesar de que se analice la misma muestra varias veces.
- Se recomienda que, al finalizar los análisis, lavar todos los materiales empleados para los análisis con un disolvente (acetona o tolueno), y luego con detergente y agua.
- Se recomienda que al momento de colocar el combustible (gasolina súper, Ecopaís o diésel) en el balón de destilación, se debe colocar la tubuladura lateral descendente del balón al lado contrario con la finalidad que no se pierda nada del combustible a utilizar.
- Se recomienda mantener el termómetro en constante vigilancia durante las diferentes tomas de temperatura con respecto a los diferentes volúmenes establecidos, además de observar en el momento que empieza a ascender la temperatura hasta llegar al punto final de ebullición después a descender.
- Se recomienda que al ingresar el balón al equipo sea de forma adecuada para evitar pérdida del material de destilación
- Se recomienda que al finalizar la práctica el equipo se deje enfriar por lo menos 2 horas para que la próxima destilación a realizar no presente inconvenientes. Asimismo, se toma los datos con respecto al volumen de recuperado y residuo, para así poder conocer su respectiva pérdida.
- Se recomienda que para la destilación de la gasolina súper y Ecopaís se utilice hielo, mientras que destilación del diésel no se utilice hielo, esto se debe a la volatilidad de los combustibles.
- Se recomienda para presión de vapor verificar la lectura del manómetro antes de iniciar el análisis, la cual debe estar en una aproximación de 0 lb/in².

- Al invertir el equipo esperar alrededor de 20 segundos y luego sumergirlo en el baño de calentamiento.
- Verificar al momento de sumergirlo en el baño de calentamiento que no exista presencia de burbujas alrededor del equipo para presión de vapor, en caso de que exista significa que el equipo no está bien ajustado, existiendo fugas lo cual alteraría los resultados.
- Se recomienda que el baño de calentamiento se encuentre en la temperatura de $37,8 \pm 0,1$ °C.
- Se recomienda al agitar de forma invertida el equipo, simular el movimiento en forma de paleo, realizar este movimiento 2 veces. Repetir el procedimiento hasta que la lectura sea constante.
- Se recomienda que, para la prueba de la corrosión a la lámina de cobre al pulir la lámina de cobre con la lija de carburo de silicio, hacerlo de forma inicial tomando los extremos de la lámina con los dedos y para pulir los extremos sujetar la lámina con una pinza en el centro.
- Al lavar la lámina de cobre con iso-octano (acetona pura) verificar que está se sumerja en su totalidad en el solvente.
- En el momento de llevar el tubo de ensayo con la muestra y la lámina de cobre a la bomba, sujetar el tubo con una pinza e introducirlo de manera lenta en la bomba para evitar derrames o posible daño del equipo.
- Al retirar el tubo de ensayo de la bomba, hacerlo con mucha precaución, evitando que el combustible que se encuentra dentro del tubo de ensayo se derrame, por ello se sugiere retirar el tubo manteniendo la posición vertical de la bomba en todo momento.

ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
rpm	Revoluciones por minuto
ASTM	American Society of Testing Materials
ml	Mililitro
Min	Minuto
V	Volumen de muestra empleada
VO	Volumen de agua recogida
H	Viscosidad dinámica
V	Viscosidad cinemática
P	Densidad
T	Tiempo de flujos
C	Constante de calibración del viscosímetro
mm	Milímetro
kPa	Kilopascal
G	Gramo
cm ³	Centímetro cúbico
mm ³	Milímetro cuadrado
%RC	Porcentaje de residuos carbonosos
G	Gravedad API
M	Temperatura media de ebullición en °C
D	Densidad a 15 °C
B	Temperatura media de ebullición en °F

BIBLIOGRAFÍA

- Aisne, M. L. (21 de Febrero de 2017). *SCRIBD*. Obtenido de CORROSIVIDAD DE COBRE A PARTIR DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO POR TIRA DE COBRE: <https://es.scribd.com/document/339961519/Metodo-de-Prueba-Astm-D-130>
- Arreaga, C. (18 de septiembre de 2016). *Paraquesirve*. Obtenido de ¿Para qué sirven los derivados del petróleo?: <https://paraquesirve.com/derivados-del-petroleo-importancia/>
- ASTM D130-18. (2018). *ASTM International*. Obtenido de Método de prueba estándar para la corrosión al cobre de productos derivados del petróleo mediante prueba de tira de cobre: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D130-18>
- ASTM D189-06. (2014). *ASTM International*. Obtenido de Método de prueba estándar para residuos de carbono de productos de petróleo de Conradson: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D189-06\(2014\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D189-06(2014))
- ASTM D445-18. (2018). *ASTM International*. Obtenido de Método de prueba estándar para la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (y cálculo de la viscosidad dinámica): <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D445-18>
- ASTM D482. (2013). *ASTM International*. Obtenido de Standard Test Method for Ash from Petroleum Products, ASTM International, West Conshohocken: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D482-13>
- ASTM D86-17. (2017). *ASTM International*. Obtenido de Método de prueba estándar para la destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D86-17>
- ASTM D93-18. (2018). *ASTM International*. Obtenido de Métodos de prueba estándar para punto de inflamación por el probador de copa cerrada Pensky-Martens: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D93-18>
- ASTM D95-13. (2018). *ASTM International*. Obtenido de Método de prueba estándar para agua en productos derivados del petróleo y materiales bituminosos por destilación: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D95-13\(2018\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D95-13(2018))
- ASTM D976-06. (2016). *ASTM International*. Obtenido de Método de prueba estándar para el índice de cetano calculado de combustibles destilados: <https://www.astm.org/Standards/D976>
- Blanco, J. (20 de noviembre de 2015). *eadic*. Obtenido de Derivados del petróleo y su uso en la vida cotidiana: <https://www.eadic.com/derivados-del-petroleo-y-su-uso-en-la-vida-cotidiana/>

- Comercio, E. (14 de marzo de 2018). *El Comercio*. Obtenido de Calidad del diésel: <https://www.elcomercio.com/actualidad/calidad-diesel-mejora-norma-quito.html>
- engineerchm. (20 de febrero de 2016). *engineerchm*. Obtenido de Proceso de refinación del petróleo: <https://engineerchm.wordpress.com/blog/>
- Gómez, J. (20 de abril de 2012). *El comercio*. Obtenido de El nuevo octanaje de la gasolina en el Ecuador: <https://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/>
- INEN, S. E. (febrero de 2016). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de Productos derivados de petróleo. Gasolina. Requisitos: <http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/n-te-inen-935-9.pdf>
- Jambrina. (13 de Julio de 2013). *SCRIBD*. Obtenido de ASTM D-95 Agua por destilación: <https://es.scribd.com/document/153626652/ASTM-D-95-62-Agua-Por-Destilacion>
- Peña, S., & Avilés, A. (2016). Viscosidad Cinemática. En *Manual de Laboratorio de Petróleo* (pág. 167). Guayaquil: Dirección de Investigación-Universidad de Guayaquil. Obtenido de M.
- Perez, A. (02 de febrero de 2012). *GNV*. Obtenido de Características de la Gasolina: <https://gnvblog.wordpress.com/2012/02/02/gasolina/>
- Petroecuador. (25 de agosto de 2017). *El comercio*. Obtenido de Gasolina Ecopais : <https://www.elcomercio.com/actualidad/gasolina-ecopais-disponible-estaciones-ecuador.html>
- Petroecuador, E. (31 de agosto de 2018). *EP Petroecuador*. Obtenido de Gasolina Súper con nuevo octanaje: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=6276>
- PMCC. (2013). Obtenido de Determinación del Punto de Inflamación en Vaso Cerrado, Pensky-Martens Closed Cup: <https://www.aulasube.es/app/download/.../Práctica+Pto.+Inflamación+PMCC.pdf>
- Quispe, J. (Abril de 21 de 2017). *Scrib*. Obtenido de Productos Derivados del petróleo. Diésel. Requisitos: <https://es.scribd.com/document/345809526/requisitos-del-diesel-normas-inen-pdf>
- Reyes, A. (02 de septiembre de 2016). *Repositorio UG*. Obtenido de Evaluación del proyecto de biocombustibles en el Ecuador, Gasolina Ecopais: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14175/1/REVISADO%20ESTUDIO%20DE%20CASO%20BIOCOMBUSTIBLE%20FECHA%2024.10.16%20%282%29.pdf>
- RODES. (22 de septiembre de 2016). *RO-DES*. Obtenido de El diésel o gasoil: <https://www.ro-des.com/mecanica/el-diesel-o-gasoil/>

RO-DES. (02 de marzo de 2016). *RO-DES*. Obtenido de Tipos de gasolinas y sus características: <https://www.ro-des.com/mecanica/tipos-de-gasolina-y-caracteristicas/>

Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). *gob.mx*. Obtenido de Características del petróleo: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html

Sigcho, Y. (19 de Junio de 2016). *SlideShare*. Obtenido de Destilación ASTM: <https://es.slideshare.net/yelizalde/informe-destilacin-astm>

unam. (20 de enero de 2017). *unam*. Obtenido de Petróleo y derivados: <http://profesores.fi-b.unam.mx/l3prof/Carpeta%20energ%EDa%20y%20ambiente/Petroleo%20y%20Derivados.pdf>

UNIVERSO, E. (01 de abril de 2014). *EL UNIVERSO*. Obtenido de COMBUSTIBLE MEJORADO, PERO CON ALTO AZUFRE: <https://www.eluniverso.com/2012/04/01/1/1356/un-combustible-mejorado-aun-alto-azufre.html>

VAPOR REID

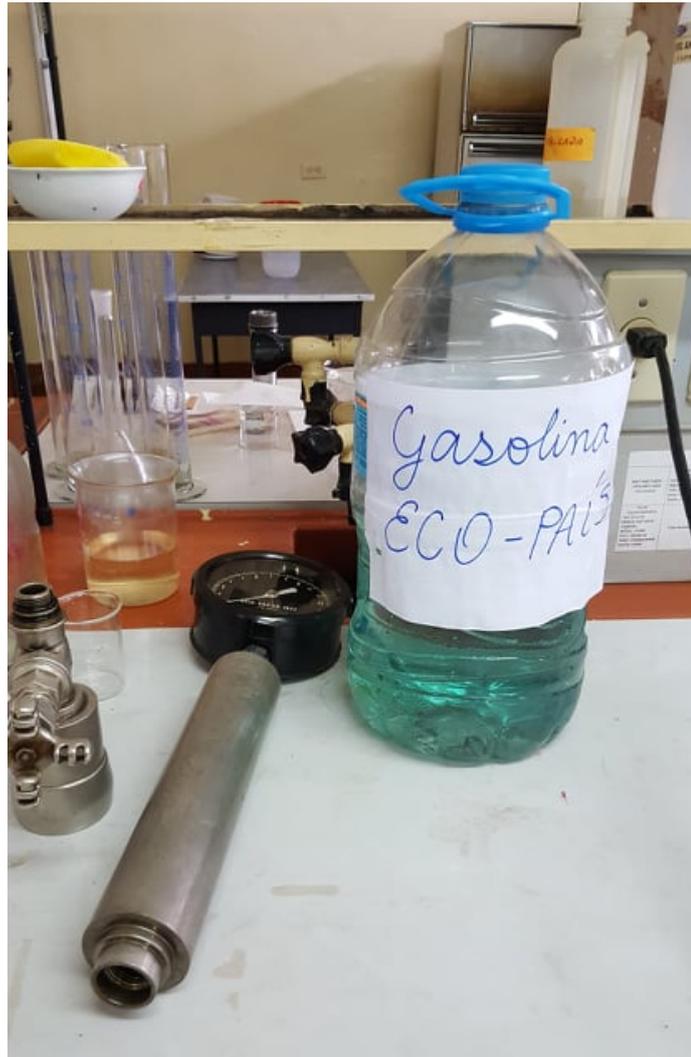


Ilustración 56 Equipo utilizado para la prueba de Vapor Reid.



Ilustración 67 Prueba Vapor Reid para Gasolina Super.



Ilustración 7 Baño de Calentamiento a 37-38°C



Ilustración 8 TERMOSTATO DE LÍQUIDOS equipo utilizado para Corrosión en Lámina de Cobre



Ilustración 9 Muestra de GASOLINA SUPER dentro del TERMOSTATO DE LIQUIDOS sumergido durante 3 horas.

Tabla 79 Lecturas Comparativas de la tabla ASTM COPPER STRIP CORROSION STANDARDS de las 3 muestras de combustibles analizadas.

<p>GASOLINA SÚPER 92 OCTANOS</p>	<p>GASOLINA ECOPAÍS</p>	<p>DIÉSEL PREMIUM</p>

GASOLINA SÚPER 92 OCTANOS

DESTILACIÓN



Ilustración 8 Materiales para el desarrollo de la destilación para las gasolinas EcoPaís y Súper.



Ilustración 11 Recuperado de la segunda prueba de gasolina Súper.

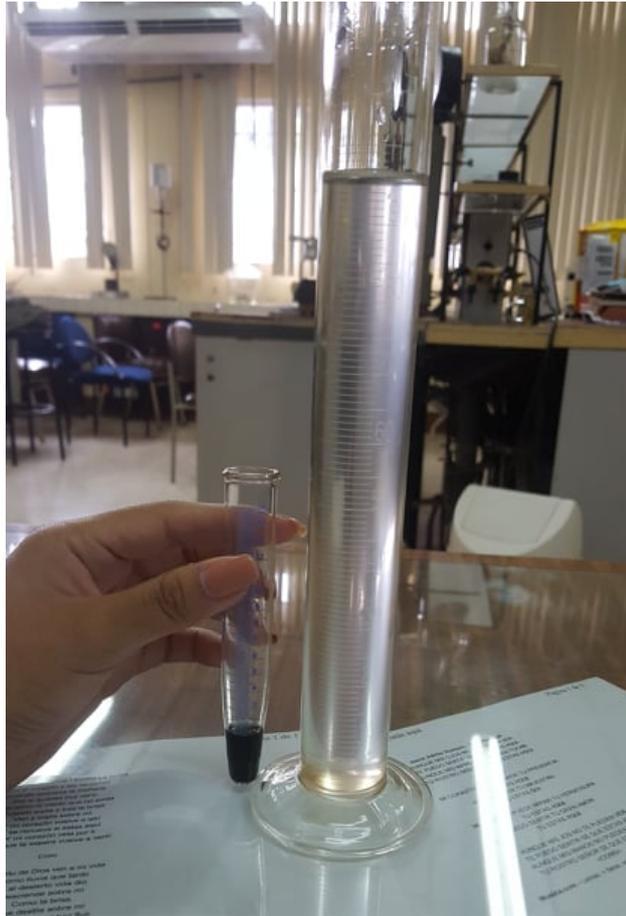


Ilustración 12 Recuperado y residuo de la primera destilación de la gasolina súper

DIESEL PREMIUM



Ilustración 9 Recuperado y residuo de la primera destilación del diésel Premium

GASOLINA ECOPAÍS

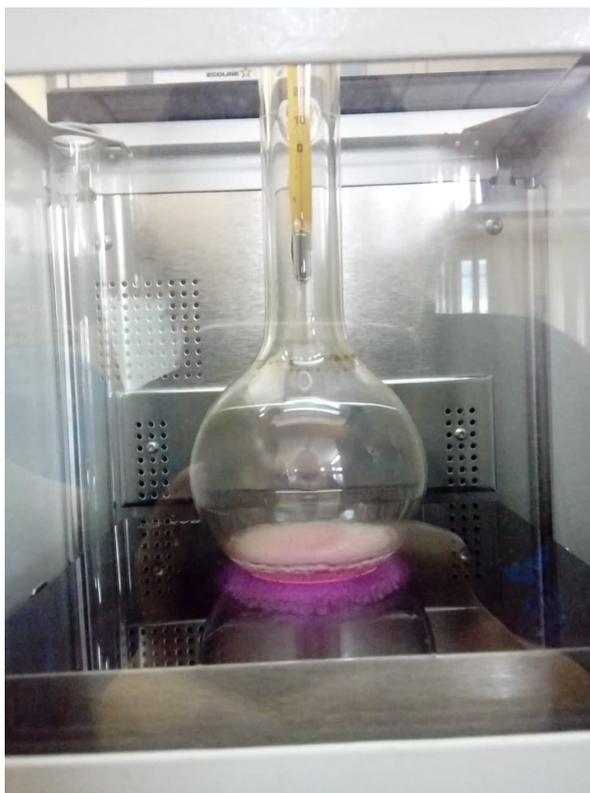


Ilustración 10 Punta final de ebullición de la gasolina súper.



Ilustración 11 Recuperado y residuo de la primera destilación de gasolina ecopaís



Ilustración 16 Destilación del Diésel



Ilustración 17 Determinación del % de Residuo Carbonoso del Diésel



Ilustración 18 Determinación del % del contenido de agua en el Diésel



Ilustración 19 Determinación del % de ceniza que posee el Diésel

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad, regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse> y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com



ING. SANDRA PEÑA MURILLO MSc.

La autora nace en 1977, en Guayaquil. Los estudios Universitarios y de Postgrado los cursa en la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad de Guayaquil; obteniendo el título de Ingeniera Química (2000), Magister en Ingeniería Ambiental (2008), Magister en Scientiae de la Ingeniería Química y Doctorante. Laboró en Empresas Públicas y Privadas: SGS del Ecuador, Ministerio de Minas y Petróleos, Ministerio del Ambiente, Pacifpetrol, Quibis, Universidad de Guayaquil; donde se desarrolló profesionalmente como: Asistente de Proyectos y Auditorías Ambientales; Laboratorista Control de Calidad en Combustibles (2001-2002); Delegada Regional de Protección Ambiental (2003-2009); Consultor y Asesor Técnico Ambiental (2010- Actual); Docente de Petróleo (2014 – Actual); además de: Directora del Dep. de Planificación y Acreditación (2015) y Directora Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ing. Qca de la Universidad de Guayaquil 2015 – 2018. E-mail: sandra.penam@ug.edu.ec



ING. EDDIE ZAMBRANO NEVAREZ, MSc.

Nace en Quevedo 1974 de profesión Ingeniero Químico (2000) Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad de Guayaquil. Magister Scientiae en Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela (2018). Realiza diplomado de seguridad, higiene y salud ocupacional (2008) Facultad de Ingeniería Industrial, de la Universidad de Guayaquil. Se ha desarrollado profesionalmente en la industria de hidrocarburos en Empresas Públicas y Privadas, como Petrobras, Repsol, Quimipac, Solipet y Petroamazonas, desarrollando actividades en las áreas de CSMS (Calidad, seguridad y medio ambiente), tratamientos químicos del petróleo y del gas natural, control de la corrosión, bombeo hidráulico y completación de pozos. Además: Docente de Química en la UPSE (Universidad Península de Santa Elena 2002) y colaborador con la Facultad de Ingeniería Química, dictando cursos de Corrosión (2002 – 2003) Actualmente Docente contratado tiempo completo en la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química (Nov-2019). E-mail: eddie.zambranon@ug.edu.ec



ING. SANDRA FAJARDO MUÑOZ M.Sc.

La autora nace en 1963, en Guayaquil. Los estudios Universitarios de Pregrado y Posgrado los curso en la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad de Guayaquil; obteniendo el título de Ingeniera Química (1988), Magister en Educación Superior (2010) y Magister Scientiae Ingeniería Química (2018); actualmente cursando un doctorado en la UNINI Mexico. Laboró en Empresas Proquipil, Universidad Politécnica Salesiana, y Universidad de Guayaquil (2014- hasta la actualidad). E-mail: sandra.fajardom@ug.edu.ec



ING. JAIME PAEZ GRACIA M.Sc.

El autor nace en 1964, en Esmeraldas. Los estudios Universitarios de Pregrado y Posgrado los curso en la Facultad de Ingeniería Química y en la Facultad de Ciencias Económicas, de la Universidad de Guayaquil; obteniendo el título de Ingeniero Químico (1988), Magister en Negocios Internacionales y Gestión de Comercio Exterior (2012). Laboró en Universidad Luis Vargas Torres de Esmeraldas, SGS del Ecuador, Intertek Caleb Brett, Alex Stewart Ecuador; Inspecert y Universidad de Guayaquil (2016- hasta la actualidad). E-mail: galo.paezg@ug.edu.ec



ING. CARLOS ALBERTO MUÑOZ CAJIAO MSc.

El autor nace en 1959, en Guayaquil. Los estudios Universitarios los cursó en la Facultad de Ingeniería Química y Post-grado en Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de Guayaquil; obteniendo el título de Ingeniero Químico (1985), Especialista en Biotecnología, Biología Molecular e Ingeniería Genética (2005), Magister en Biotecnología (2014). Laboró en Empresas Públicas y Privadas: SGS del Ecuador (1997-1998), Escuela Superior Politécnica del Litoral donde se desarrolló profesionalmente como: Docente de Química, (1997-1999), Universidad de Guayaquil; como: Director de Maestría en Ingeniería Ambiental (2001-2015), Fiscal de la facultad Ingeniería Química (2013-2014), Delegado docente al OCAS (órgano colegiado académico superior) (2014-2017); Docente de Mecánica de los Fluidos, Química, Física (1981-1988) (1991-Actual); además de: Subdecano de la facultad Ingeniería Química (2015) 6 meses; Decano de la Facultad de Ing. Qca de la Universidad de Guayaquil (2018 – Actual).

compas
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compas
Grupo de capacitación e investigación pedagógica