



# ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA MEZCLA DE BIODIESEL Y ADITIVOS EN LA EFICIENCIA DE MOTORES DIESEL

POR: DAVID SUÀREZ CH.

We Honor  
VISA  
MasterCard  
diesel  
No. 2 Diesel

# El problema



Excesiva  
contaminación



Reducción de  
recursos  
derivados del  
petróleo



Necesidad de  
motores mas  
eficientes



Industrias en  
busca de  
combustibles  
alternativos



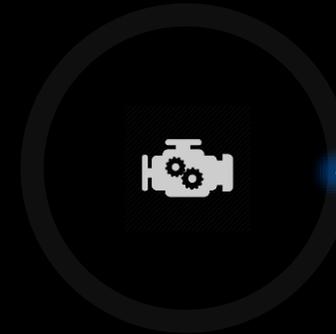
Combustibles  
que cumplan los  
parámetros  
requeridos

# SOLUCIÓN

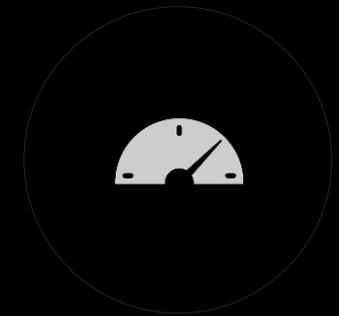
BIODIESEL



DERIVADO DE  
ACEITES  
VEGETALES Y  
ANIMALES



A BAJA  
CONCENTRACION  
DE BIODIESEL NO  
SE NECESITAN  
MODIFICAR LOS  
MOTORES PARA  
SU APLICACION



SE TRATA DE  
MANTENER EL  
RENDIMIENTO  
SIN AFECTAR  
POTENCIA Y  
CONSUMO DE  
COMBUSTIBLE



### GRASA ANIMAL

Obtenido de tejidos  
adiposos de animales.



### ACEITE VEGETAL

Obtenido de fuentes  
vegetales, en su  
mayoría  
plantaciones.



### BIODIESEL BX

La mezcla porcentual  
de biodiesel y diésel  
tradicional.



### ACEITE USADO DE COCINA

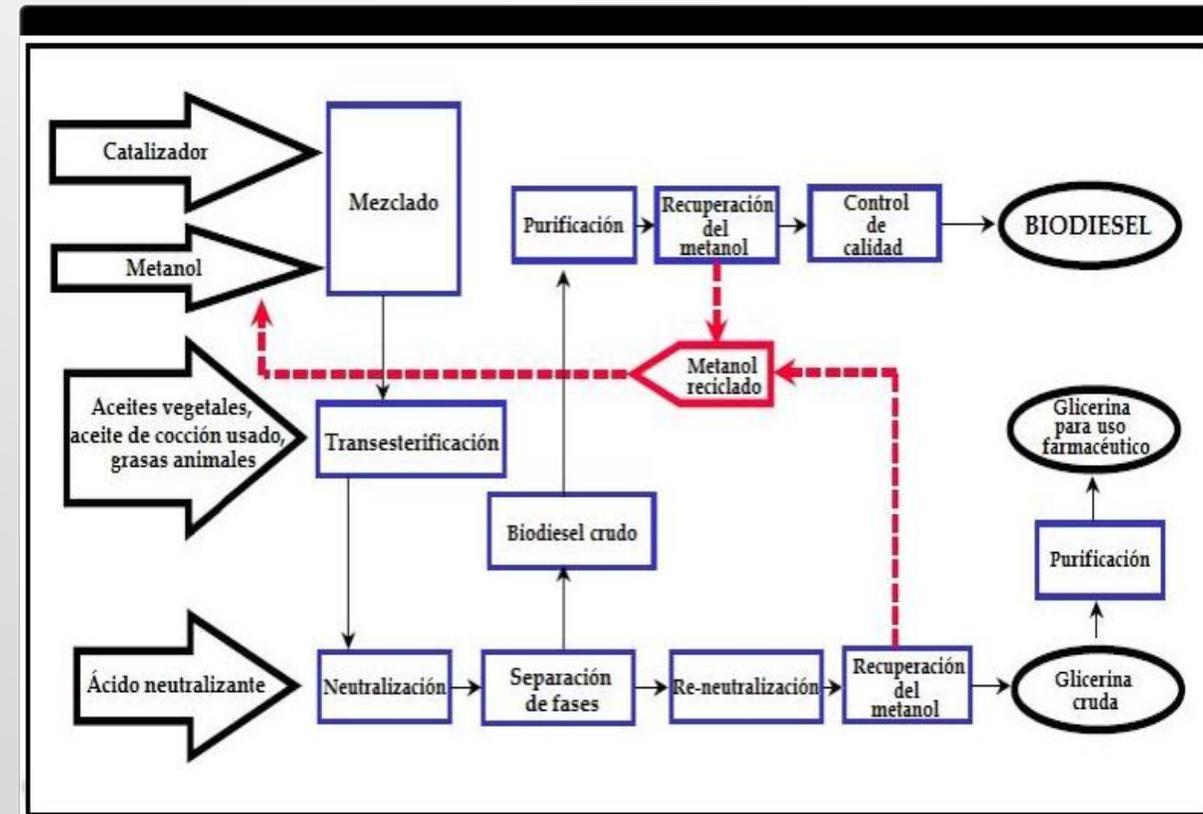
La alternativa mas  
económica y con mas  
perspectivas.

# BIODIESEL

SE OBTIENE DE DIFERENTES FUENTES, Y PARA  
CONVERTIRSE EN COMBUSTIBLE DEBE PASAR  
POR CIERTOS PROCESOS DE REFINACION.

# PROCESOS DE REFINACIÓN DE ACEITES

- Principales métodos de refinación de aceites para aplicarlos como bio-combustible:
- Dilusion con solvente.
- Transesterificacion
- Pirolisis
- Emulsificacion



Fuente: Federación Colombiana de Biocombustibles – Agosto 2015

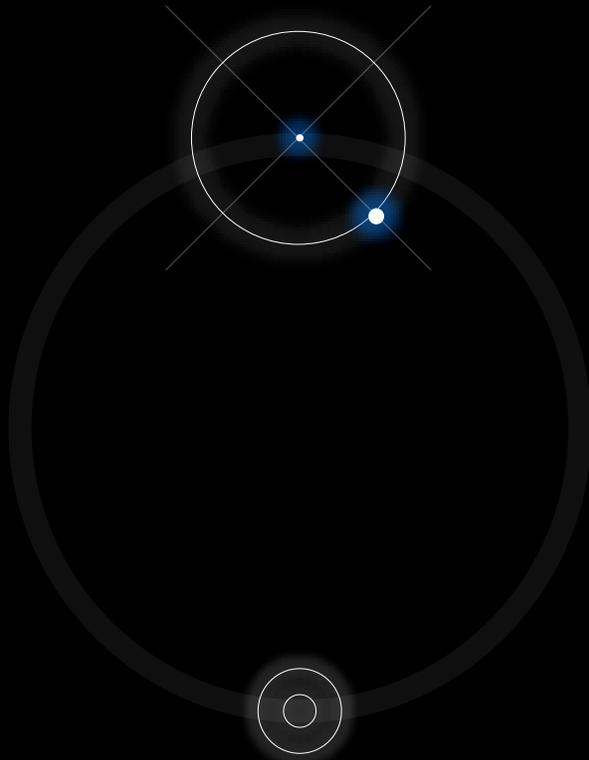
# OBJETIVOS

GENERAL:

- ANALIZAR LAS MEZCLAS DE BIODIESEL Y ADITIVOS A TRAVÉS DE LAS PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES PARA APROXIMAR LA EFICIENCIA DE ESTOS EN LOS MOTORES.

ESPECIFICOS:

- EVALUAR LA CARACTERIZACIÓN DE CADA MUESTRA DE COMBUSTIBLE PARA ESTABLECER SU VALIDEZ SEGÚN LA NORMATIVA VIGENTE.
- ELABORAR TABLAS COMPARATIVAS ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CADA COMBUSTIBLE Y SEGÚN SU DESEMPEÑO EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.



# Aceite usado de cocina



- Se obtiene del aceite utilizado en las frituras.
- Se utiliza como materia prima para obtener el biodiesel.
- Para poder sintetizar el biodiesel se aplica la transesterificación.
- Con su utilización se evita la contaminación de redes de agua potable y ríos .



# Catalizador para combustible FEROX



- Es un aditivo catalizador para combustible que actúa modificando las partículas de combustible y los depósitos de carbón, permitiendo que el combustible se queme más rápido y a una temperatura de operación más baja.
- Al volver la combustión más eficiente, se logra aprovechar toda la energía disponible y sin tener residuos durante el proceso.
- Se puede utilizar en todo tipo de combustible proveniente de hidrocarburos, es decir en cualquier tipo de vehículo o motores estacionarios.
- Cada tableta de 1 gr se puede aplicar en 50 – 60 litros de combustible.



# Caracterización de combustible diésel

Norma NTE INEN 1489: 2012 Séptima revisión



- Para que un combustible sea utilizado es necesario reconocer cuales son sus propiedades antes de aplicarlo al motor. Estas propiedades se las obtiene mediante pruebas de laboratorio bajo normas vigentes, proceso que se conoce como caracterización de un combustible.



# Caracterización de combustible diésel



## • Punto de inflamación.

Según la norma **ASTM D93**, Estos métodos de prueba abarcan la determinación del punto de inflamación de los productos derivados del petróleo en el rango de temperatura de 40 °C a 370 °C con un aparato Pensky-Martens manual o automatizado de vaso cerrado, y la determinación de un punto de inflamación de biodiésel en el rango de temperatura de 60 °C a 190 °C



## • Contenido de agua y sedimentos

Según la norma **ASTM D1796**, Este método de prueba describe la determinación en laboratorio del agua y los sedimentos en fuelóleos dentro del rango del 0 al 30 % en volumen por medio del procedimiento de centrifugación.



## • Porcentaje de cenizas.

Según la norma **ASTM D482**, Este método de prueba abarca la determinación de ceniza en el rango de 0.001 a 0.180 % en masa de combustibles destilados y residuales, combustibles de turbinas a gas, aceites crudos, aceites lubricantes, ceras y otros productos derivados del petróleo



## • Residuo de carbón.

Según la norma **ASTM D4530**, La cantidad de residuo de carbono proporciona una medida de la tendencia de coquización del combustible y se puede utilizar para estimar el potencial de carbono a depositar del combustible. Esta prueba abarca la determinación de la cantidad de residuos de carbono que se formó después de la evaporación y pirolisis de materiales derivados del petróleo en determinadas condiciones



## • Contenido de azufre.

Según la norma **ASTM D4294-16**, Este método de prueba cubre la determinación de azufre total en petróleo y productos derivados del petróleo que son monofásicos y líquidos en condiciones ambientales, licuables con calor moderado, o solubles en solventes de hidrocarburos

# Caracterización de combustible diésel



## • Destilación.

Según la norma ASTM D86-15, Este método de prueba cubre la destilación atmosférica de productos de petróleo y combustibles líquidos, Es la medida de rango de ebullición y fraccionamiento del combustible diésel. Se indica una medida de la volatilidad del combustible proporcionando así una indicación de la calidad del mismo.



## • Viscosidad cinemática a 40°C

Según la norma ASTM D445, Este método de prueba específica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, de los productos derivados del petróleo líquidos. La viscosidad es el indicador del tiempo que recorre por gravedad un volumen. La viscosidad afecta la capacidad del combustible para lubricar los componentes del sistema de combustible, así como la atomización



## • Corrosion a la lamina de cobre.

Según la norma ASTM D130-12, La prueba consiste en la oxidación acelerada a altas temperaturas en la lámina de cobre electrolítico, evaluación visual durante 48 horas a 150 °C (Método A: 19 horas a 140 °C).



## • Índice de cetano.

Según la norma ASTM D976-06, Este método de prueba abarca la fórmula de Índice de cetano calculado, que representa un medio para estimar directamente el número de cetano de ASTM de combustibles destilados a partir de la gravedad API y del punto de ebullición promedio.

$$IC = 45.2 + 0.0892 T_{10N} + [0.131 + 0.901B] T_{50N} + [0.0523 - 0.420B] T_{90N} + 0.00049 [(T_{10N})^2 - (T_{90N})^2] + 107B + 60(B)^2$$

- Siendo:
- D = Densidad a 15 °C [g/ml] determinada según método ASTM D 1298.
- $B = [e^{(-3.5) * (D - 0.85)}]^{-1}$
- T<sub>10</sub> = Temperatura (°C) a la que destila el 10% según Método ASTM D 86.
- T<sub>10N</sub> = T<sub>10</sub> - 215.
- T<sub>50</sub> = Temperatura (°C) a la que destila el 50% según Método ASTM D 86.
- T<sub>50N</sub> = T<sub>50</sub> - 260.
- T<sub>90</sub> = Temperatura (°C) a la que destila el 90% según Método ASTM D 86.
- T<sub>90N</sub> = T<sub>90</sub> - 310.
- T<sub>10</sub>, T<sub>50</sub> y T<sub>90</sub> han de corregirse para la presión atmosférica normalizada

- El diésel tradicional fue la base para obtener nuestros materiales. Se prepararon mezclas de biocombustible derivadas de aceite de frituras, con 5% y 15% en su concentración que se llamaran B5 y B15 respectivamente, al igual que las mezclas de B5 + aditivo ferox que se denominara B5A, y la mezcla de B15 + aditivo ferox que será B15A, también la mezcla DF que es la mezcla de diésel convencional + ferox
- Se organizaron muestras de un litro por cada mezcla y se presentaron en botellas de vidrio debidamente rotuladas para su entrega, las pruebas se realizaron en los Laboratorios de combustible, biocombustible y aceites lubricantes (LABCAL) de la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito en Ecuador, basándose en normativas certificadas actuales que son vigentes en el país (INEN).



# Características

## Diesel Premium

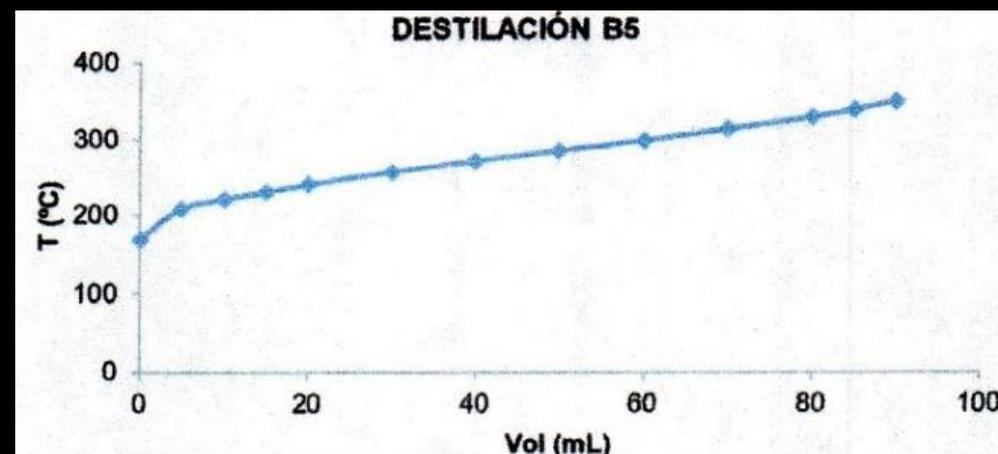
ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO	VALOR DIÉSEL
Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	51 min	<b>48</b>
Contenido de azufre	ASTM D4294 - 16	%	500 máx.	<b>100</b>
Corrosión de lámina de cobre	ASTM D130-12		No. 3 máx.	<b>1A</b>
Índice de cetano calculado	INEN 1495: 2013 (1R)		45 min	<b>48.1</b>
Ensayo de destilación: temperatura del 90%	ASTM D86 - 15	°C	360 máx.	<b>322</b>
Residuo de carbón Conradson sobre el 10% de residuo	ASTM D4530 - 15	%	0.15 máx.	<b>0.7</b>
Contenido de cenizas	INEN 1492: 2013 (1R)	%	0.01 máx.	<b>0</b>
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445 - 15a	mm <sup>2</sup> /s	2.0 a 5.0	<b>2.5</b>
Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	0.05 máx.	<b>&lt;0.025</b>

Fuente: (Petroecuador, 2012).

# Resultados

## MEZCLA BIODIESEL B<sub>5</sub>

ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO	VALOR OBTENIDO DIÉSEL B <sub>5</sub>
Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	51 min	<b>62</b>
Contenido de azufre	ASTM D4294 - 16	%	500 máx.	<b>84</b>
Corrosión de lámina de cobre	ASTM D130-12		No. 3 máx.	<b>1A</b>
Índice de cetano calculado	INEN 1495: 2013 (1R)		45 min	<b>51.9</b>
Ensayo de destilación: temperatura del 90%	ASTM D86 - 15	°C	360 máx.	<b>351</b>
Residuo de carbón Conradson sobre el 10% de residuo	ASTM D4530 - 15	%	0.15 máx.	<b>1.831</b>
Contenido de cenizas	INEN 1492: 2013 (1R)	%	0.01 máx.	<b>0.229</b>
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445 - 15a	mm <sup>2</sup> /s	2.0 a 5.0	<b>4.056</b>
Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	0.05 máx.	<b>&lt;0.05</b>



Fuente: (LABCAL, 2019).

# Resultados

## MEZCLA BIODIESEL B15

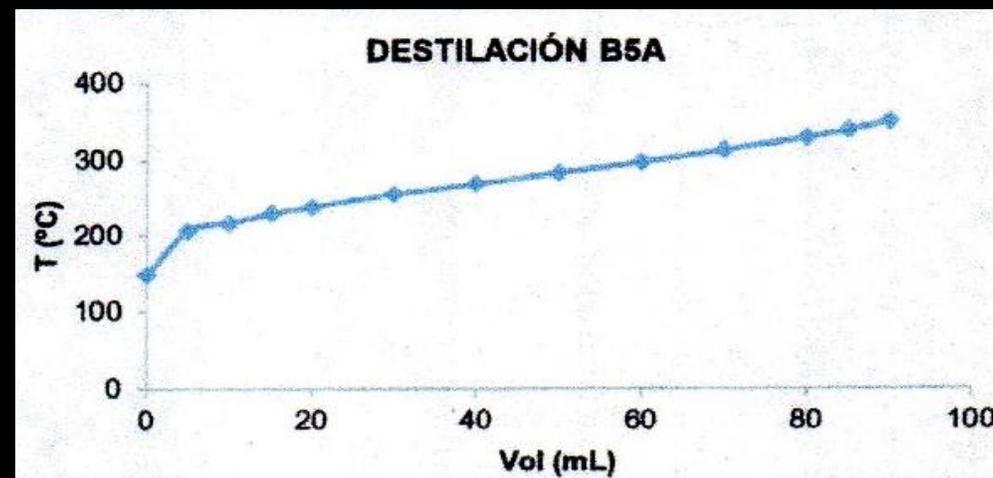
ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO	VALOR OBTENIDO DIÉSEL B15
Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	51 min	<b>53</b>
Contenido de azufre	ASTM D4294 - 16	%	500 máx.	<b>45</b>
Corrosión de lámina de cobre	ASTM D130-12		No. 3 máx.	<b>1A</b>
Índice de cetano calculado	INEN 1495: 2013 (1R)		45 min	FALTA DATO DE DESTILACION
Ensayo de destilación: temperatura del 90%	ASTM D86 - 15	°C	360 máx.	MUESTRA FUERA DE RANGO
Residuo de carbón Conradson sobre el 10% de residuo	ASTM D4530 - 15	%	0.15 máx.	FALTA DATO DE DESTILACION
Contenido de cenizas	INEN 1492: 2013 (1R)	%	0.01 máx.	<b>0.46</b>
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445 - 15a	mm <sup>2</sup> /s	2.0 a 5.0	<b>4.677</b>
Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	0.05 máx.	<b>&lt;0.05</b>

Fuente: (LABCAL, 2019).

# Resultados

## MEZCLA BIODIESEL B5A

ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO	VALOR OBTENIDO DIÉSEL B5A
Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	51 min	<b>63</b>
Contenido de azufre	ASTM D4294 - 16	%	500 máx.	<b>73</b>
Corrosión de lámina de cobre	ASTM D130-12		No. 3 máx.	<b>1A</b>
Índice de cetano calculado	INEN 1495: 2013 (1R)		45 min	<b>49.8</b>
Ensayo de destilación: temperatura del 90%	ASTM D86 - 15	°C	360 máx.	<b>351</b>
Residuo de carbón Conradson sobre el 10% de residuo	ASTM D4530 - 15	%	0.15 máx.	<b>0.309</b>
Contenido de cenizas	INEN 1492: 2013 (1R)	%	0.01 máx.	<b>0.287</b>
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445 - 15a	mm <sup>2</sup> /s	2.0 a 5.0	<b>4.2</b>
Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	0.05 máx.	<b>&lt;0.05</b>



Fuente: (LABCAL, 2019).

# Resultados

## MEZCLA BIODIESEL B15A

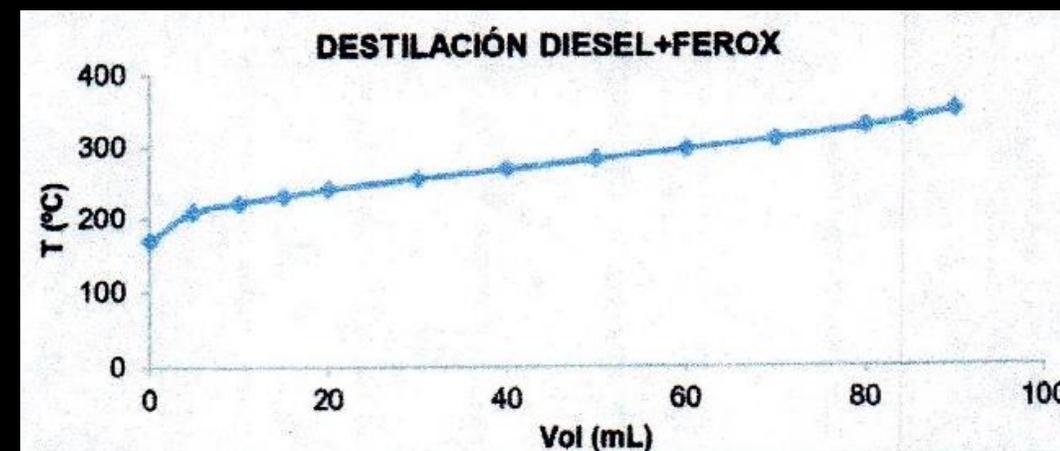
ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO	VALOR OBTENIDO DIÉSEL B15A
Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	51 min	<b>52</b>
Contenido de azufre	ASTM D4294 - 16	%	500 máx.	<b>36</b>
Corrosión de lámina de cobre	ASTM D130-12		No. 3 máx.	<b>1A</b>
Índice de cetano calculado	INEN 1495: 2013 (1R)		45 min	FALTA DATO DE DESTILACION
Ensayo de destilación: temperatura del 90%	ASTM D86 - 15	°C	360 máx.	MUESTRA FUERA DE RANGO
Residuo de carbón Conradson sobre el 10% de residuo	ASTM D4530 - 15	%	0.15 máx.	FALTA DATO DE DESTILACION
Contenido de cenizas	INEN 1492: 2013 (1R)	%	0.01 máx.	<b>0.536</b>
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445 - 15a	mm <sup>2</sup> /s	2.0 a 5.0	<b>4.843</b>
Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	0.05 máx.	<b>&lt;0.05</b>

Fuente: (LABCAL, 2019).

# Resultados

## MEZCLA BIODIESEL DIESEL + FEROX

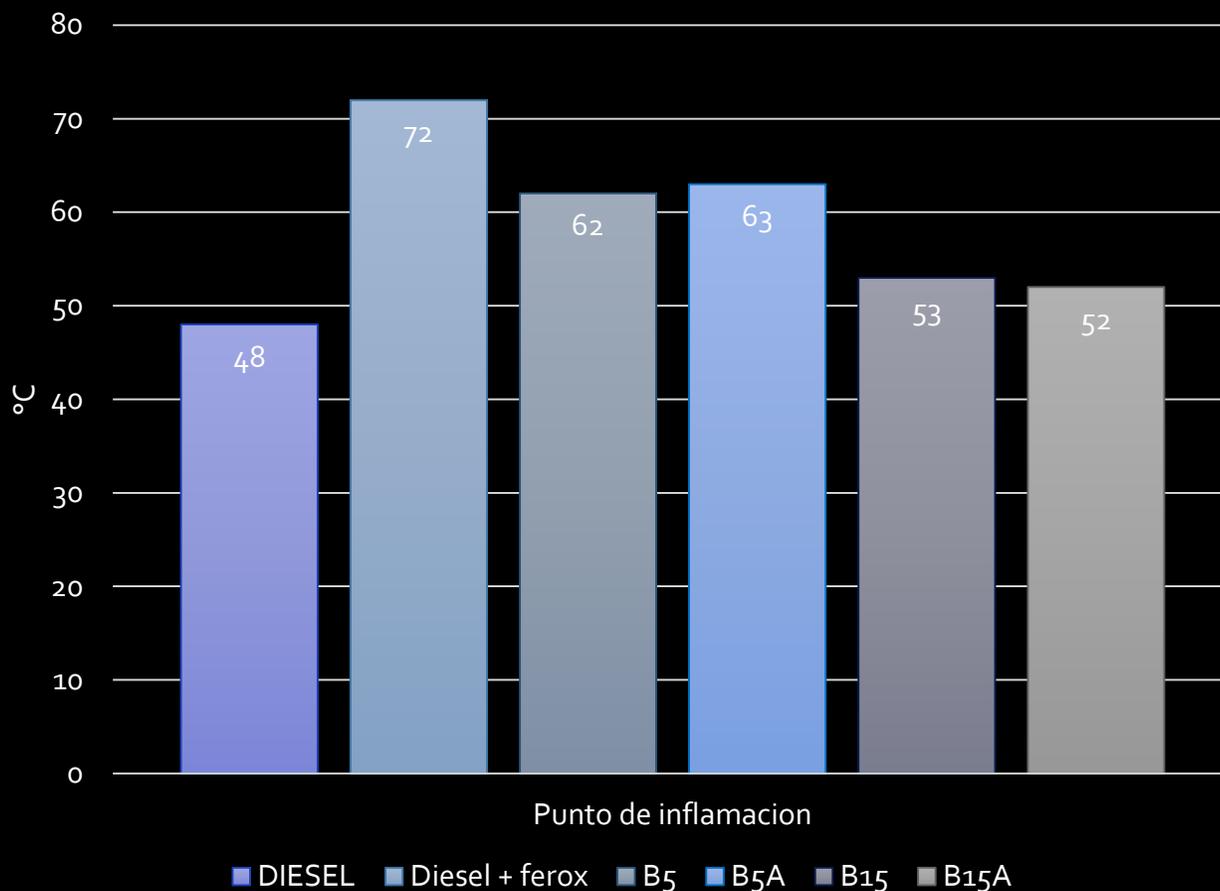
ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO	VALOR OBTENIDO DIÉSEL + FEROX
Punto de inflamación	ASTM D93 - 16a	°C	51 min	<b>72</b>
Contenido de azufre	ASTM D4294 - 16	%	500 máx.	<b>93</b>
Corrosión de lámina de cobre	ASTM D130-12		No. 3 máx.	<b>1A</b>
Índice de cetano calculado	INEN 1495: 2013 (1R)		45 min	<b>50.9</b>
Ensayo de destilación: temperatura del 90%	ASTM D86 - 15	°C	360 máx.	<b>350</b>
Residuo de carbón Conradson sobre el 10% de residuo	ASTM D4530 - 15	%	0.15 máx.	<b>0.007</b>
Contenido de cenizas	INEN 1492: 2013 (1R)	%	0.01 máx.	<b>0.006</b>
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D445 - 15a	mm <sup>2</sup> /s	2.0 a 5.0	<b>3.928</b>
Agua y sedimentos	ASTM D1796 - 11	%	0.05 máx.	<b>&lt;0.05</b>



Fuente: (LABCAL, 2019).

# Discusión de resultados

## Punto de inflamación

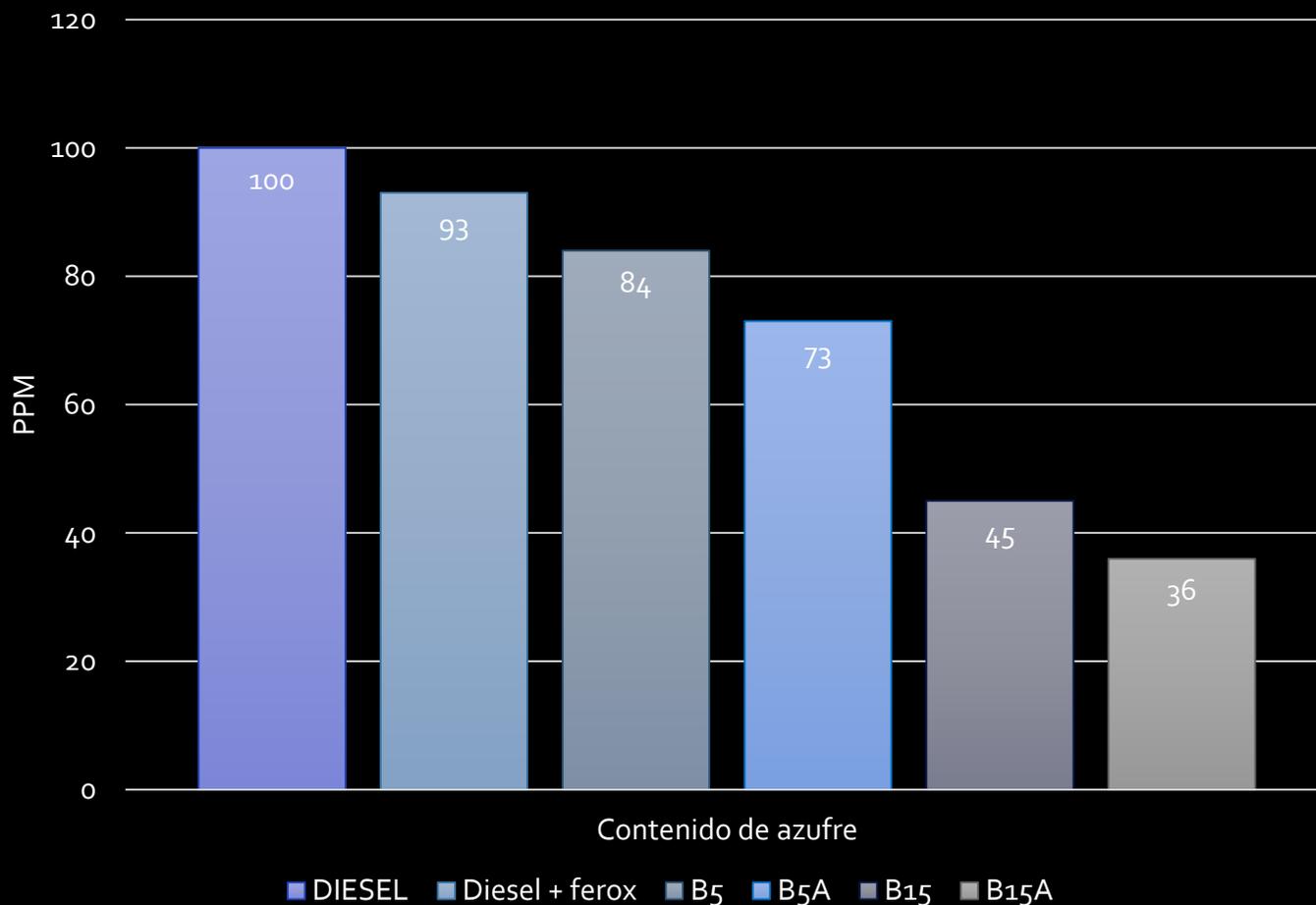


- Según Venu, 2018, detalla que se libera más energía del combustible a medida que este índice aumenta, cuando se compara con el biodiesel de jhatropa con 130°C aumento la eficiencia del motor en un 34,86% en promedio, con lo que se observa una mejor liberación de energía del combustible y que se pueda realizar una combustión completa durante el proceso, evitando que se formen depósitos en el motor, reduciendo las emisiones contaminantes y dando una mejor seguridad en el funcionamiento del motor.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

## Contenido de Azufre

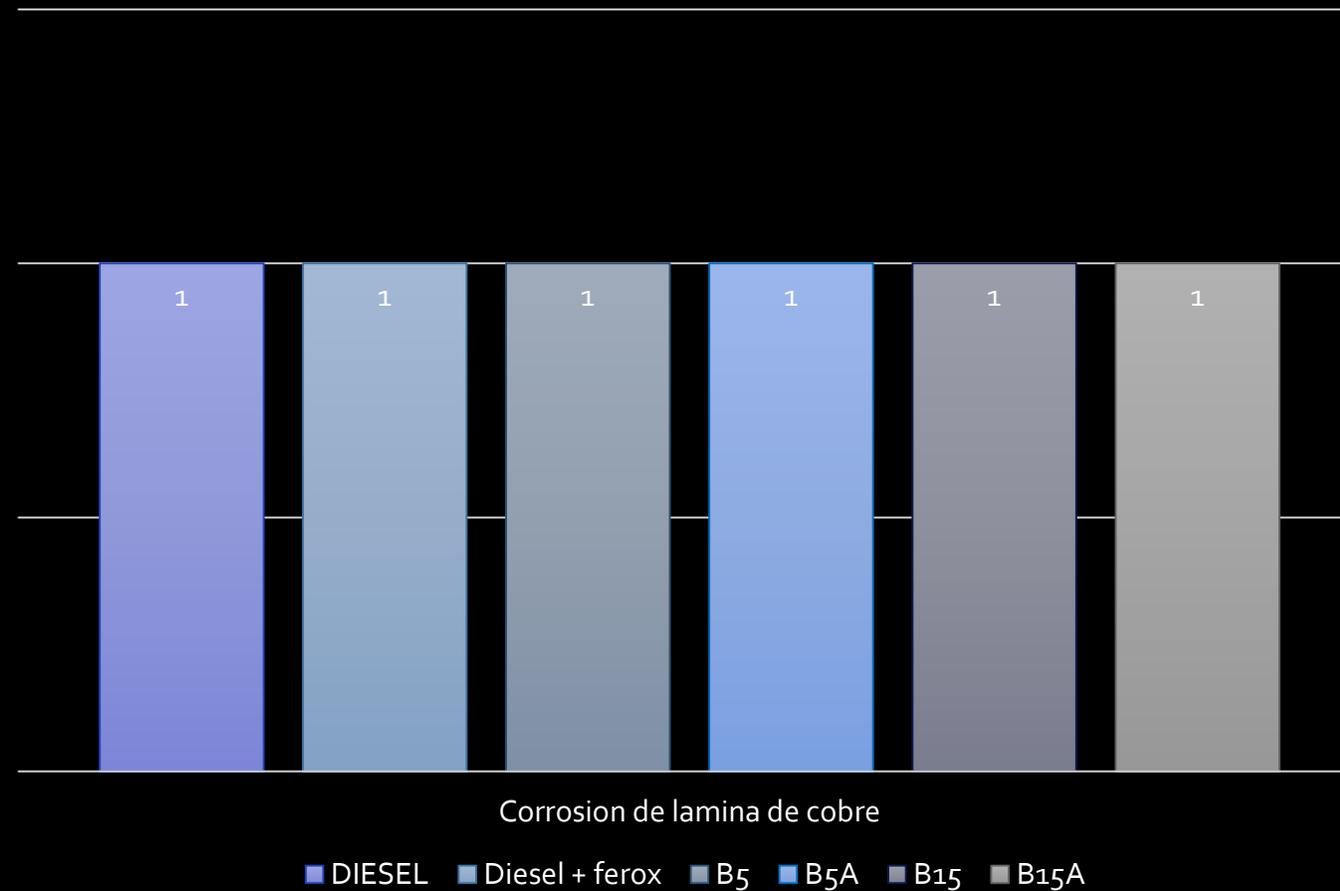


- Según Sinay, 2018, las emisiones contaminantes reducen en un 40% a medida que el porcentaje de azufre disminuye ya que este es el principal elemento de emisión de gases nocivo.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

## Corrosión de lamina de cobre

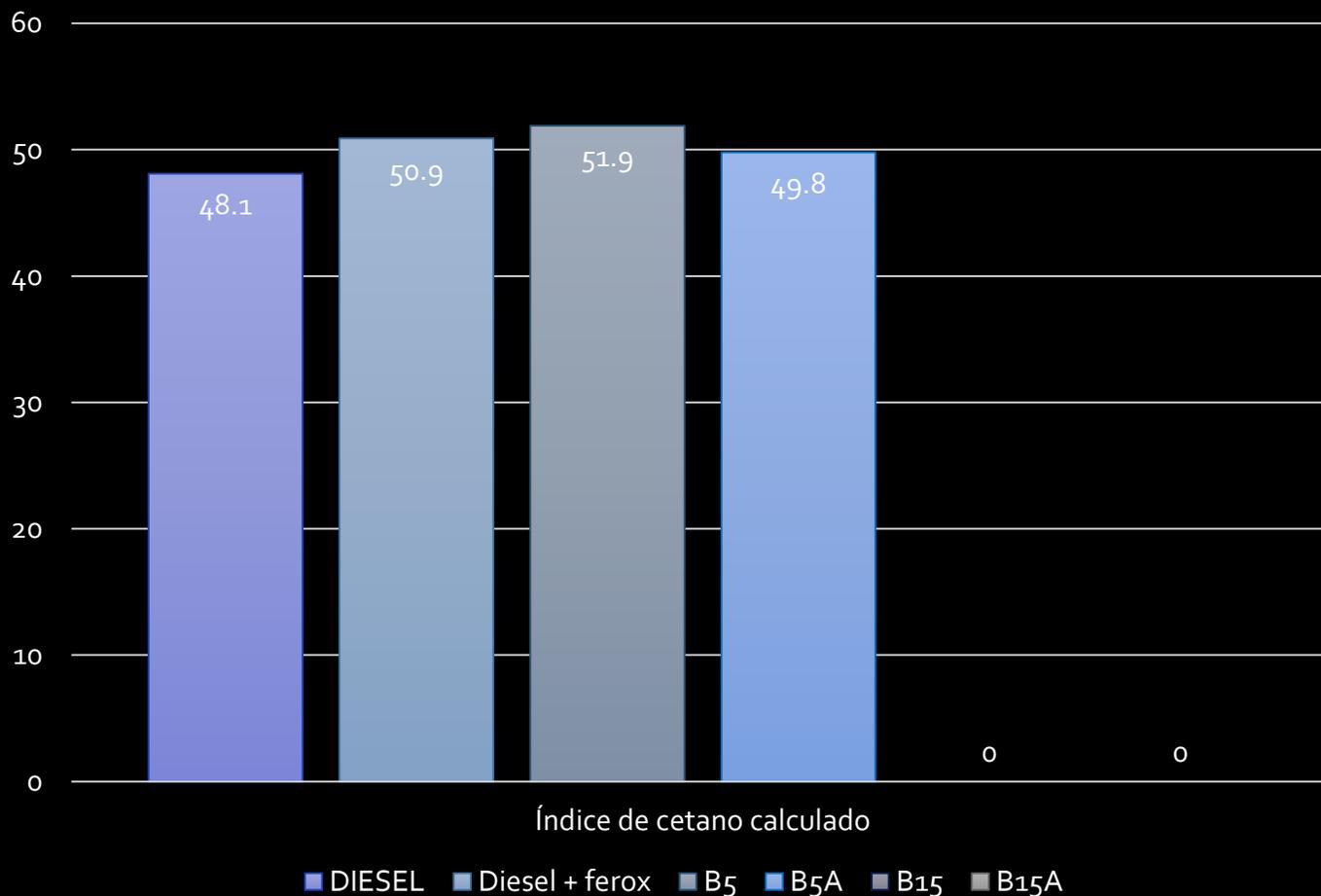


- La norma colombiana exige un máximo de 2, la norma peruana y en nuestro país alcanza un valor máximo de 3, por la presencia más notoria de alcoholes en su composición. Por su parte la norma europea permite 1b como su valor máximo.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

## Índice de cetano calculado

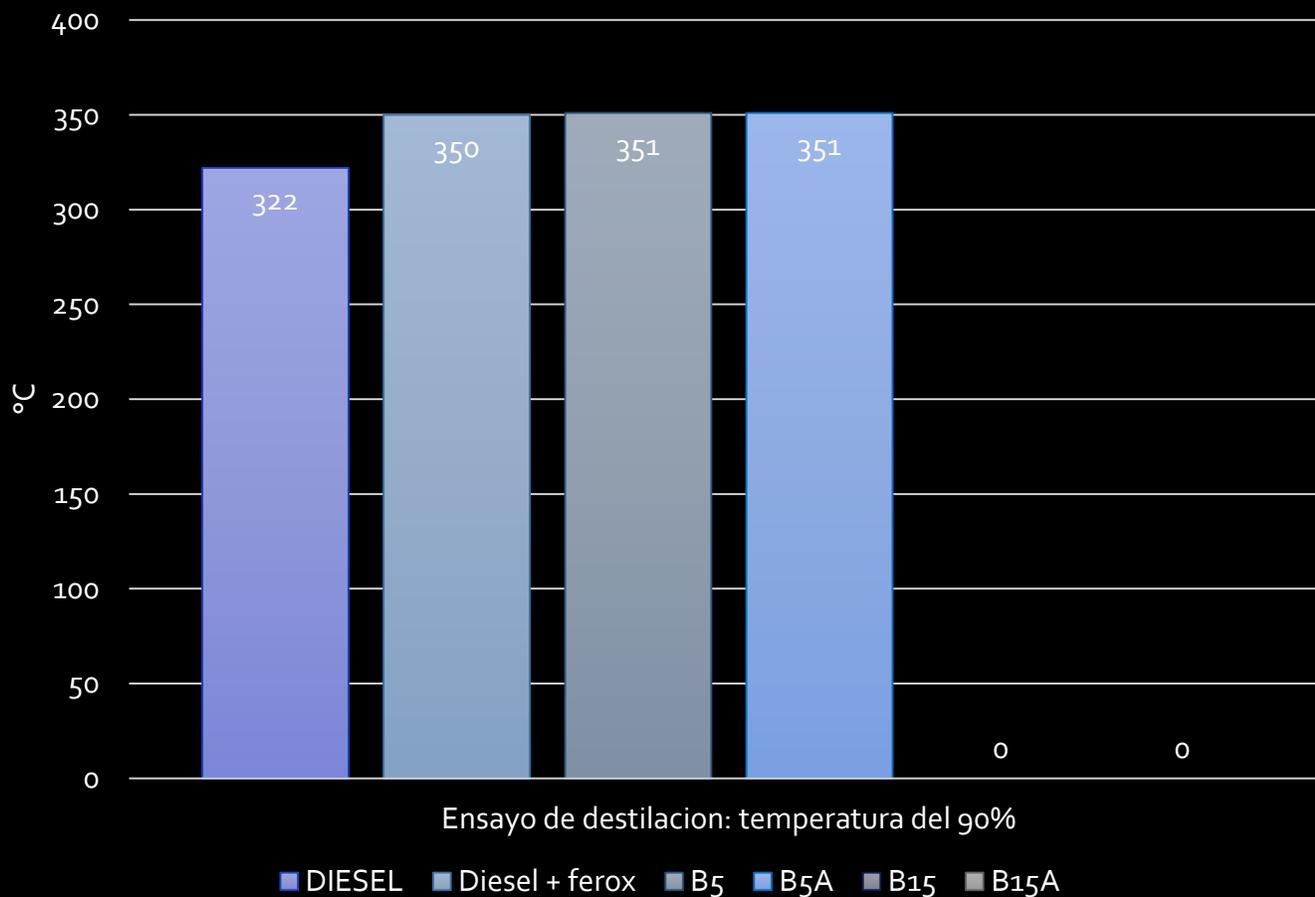


- Según Rossinskii, 2014, un aumento en el número de cetano en 6 puntos del combustible diésel conduce a una disminución en la eficiencia del ciclo de operación en motores en un 34 a 44% por lo que su consumo de combustible aumentaría en un 2% al igual que la emisión de gases de escape que aumentaría en un 8 a 10%.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

Ensayo de destilación: Temperatura del 90%

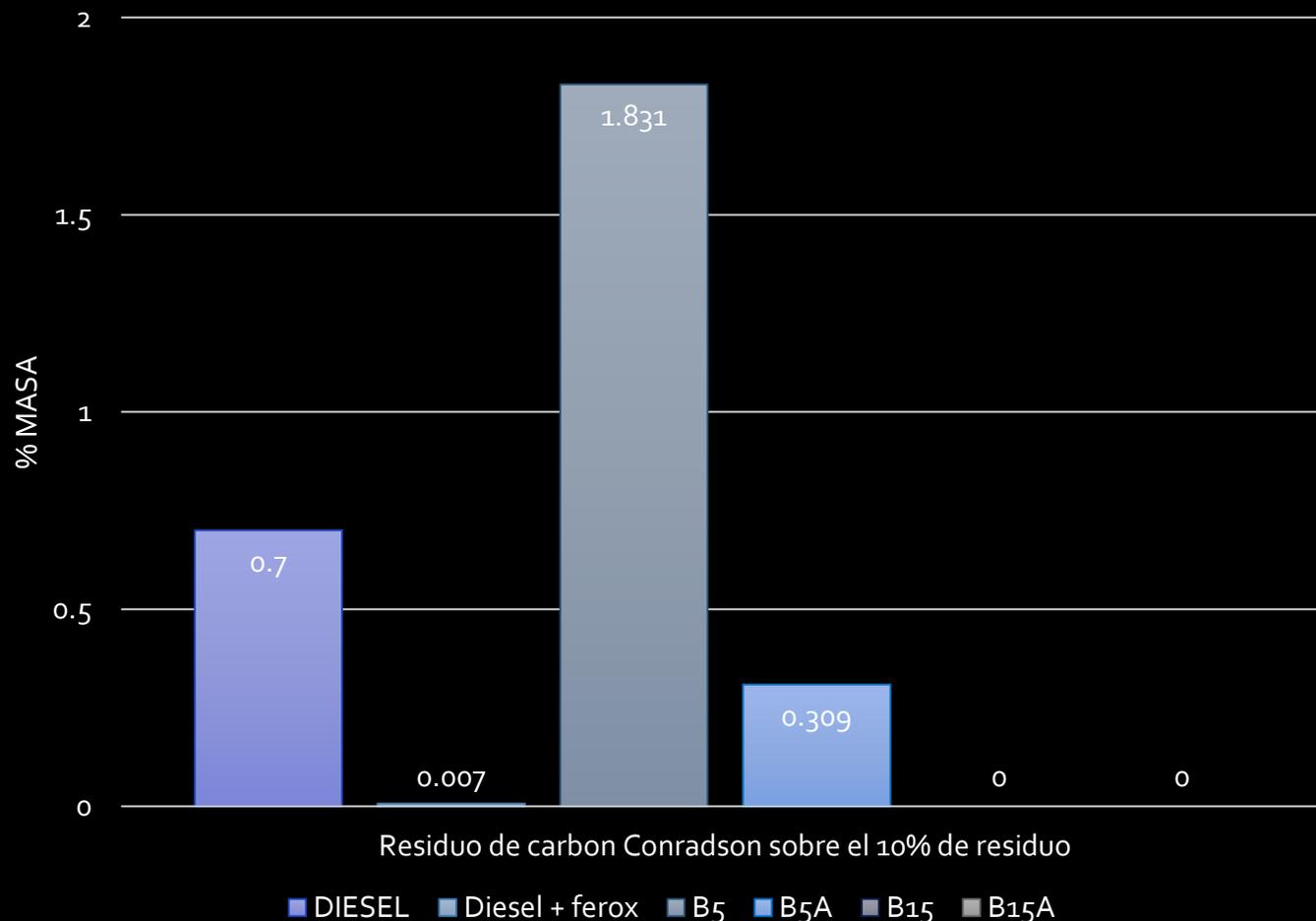


- Es la medida de rango de ebullición y fraccionamiento del combustible diésel. Se indica una medida de la volatilidad del combustible proporcionando así una indicación de la calidad del mismo.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

## Residuo de carbón

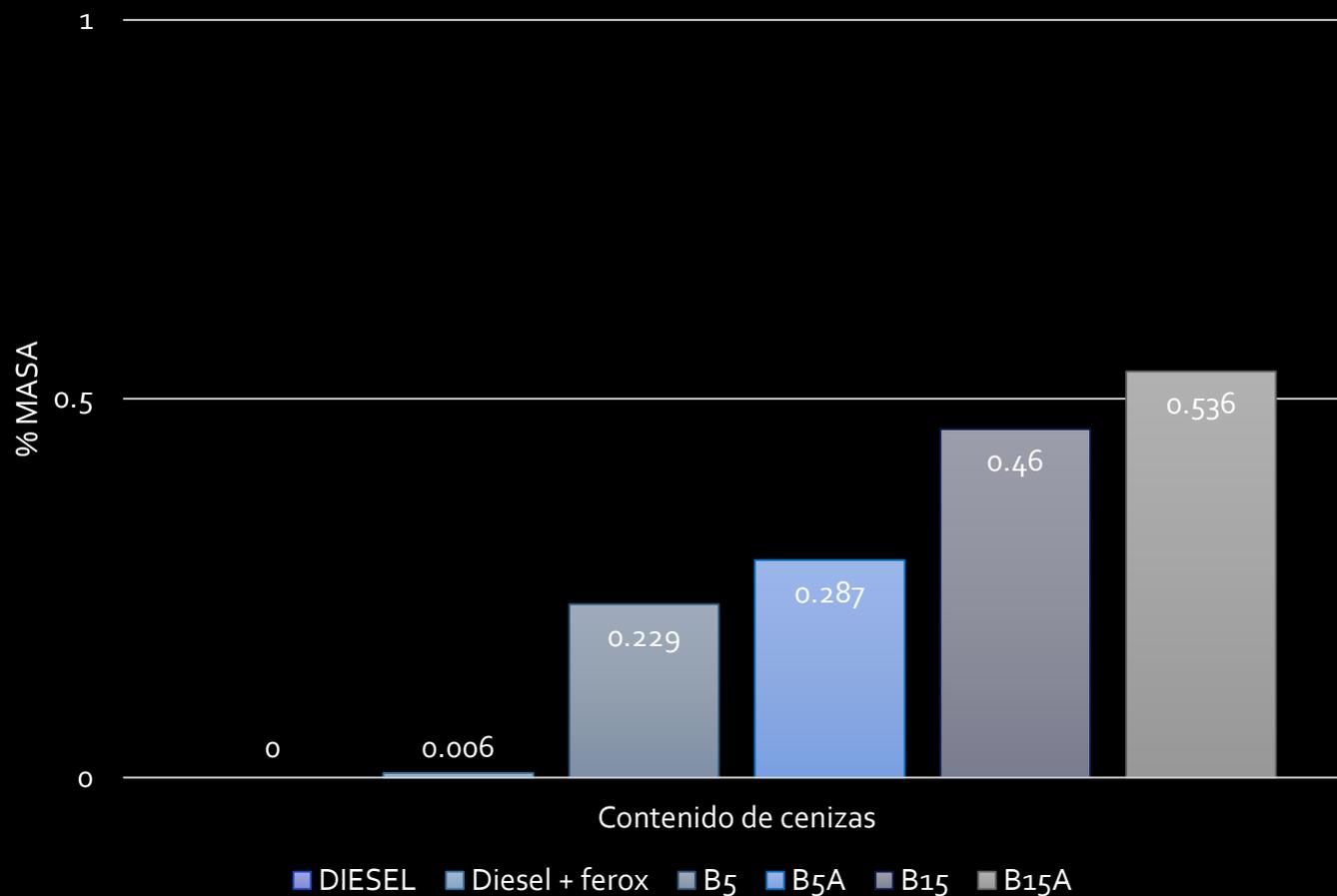


- Según Hughey, la cantidad de residuo de carbono proporciona una medida de la tendencia de coquización del combustible y se puede utilizar para estimar el potencial de carbono a depositar del combustible. Los depósitos de carbón pueden conducir a problemas de rendimiento y plazos cortos de mantenimiento.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

## Contenido de cenizas

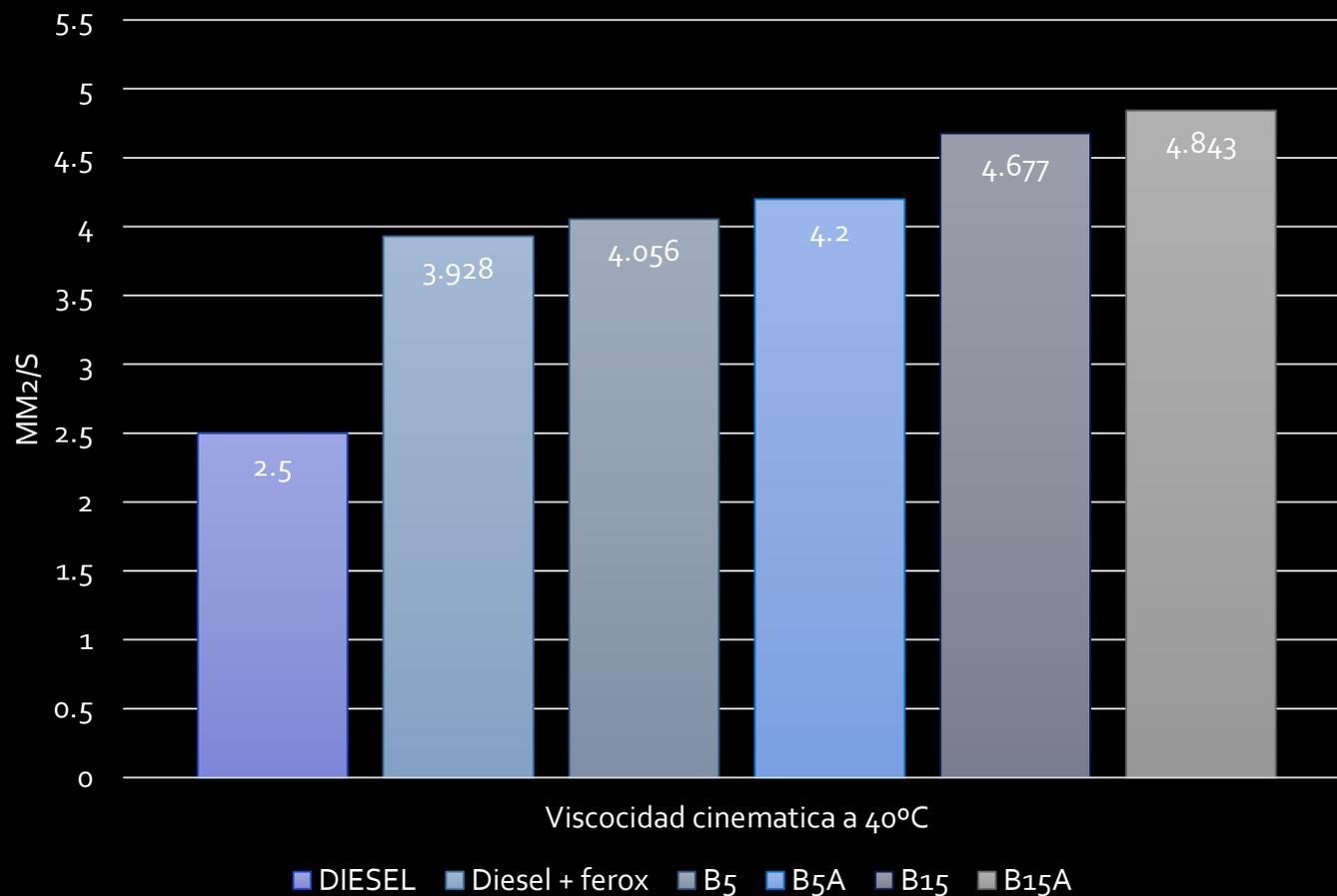


- Según Hughey, 2014, al tener un valor elevado de contenido de cenizas se puede desarrollar desgaste prematuro en el motor y un aumento de consumo de combustible ya que el combustible no se está combustionando en su totalidad

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

## Viscosidad cinemática a 40°C

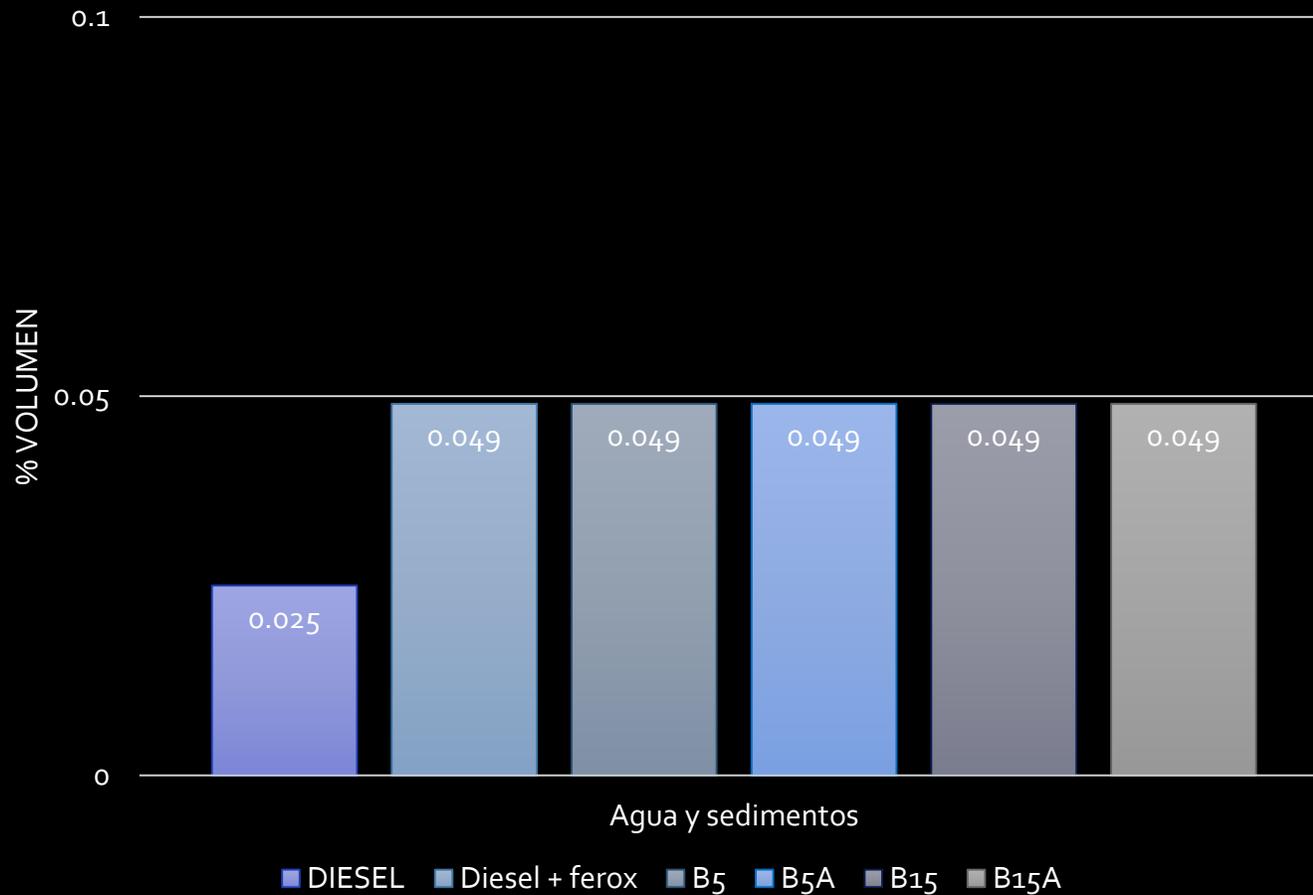


- Según Jian, 2014, el tiempo de inyección aumenta de 0.5 a 1 us y la presión de inyección disminuye de 17 a 38.9% trabajando a 1500 rpm a medida que la viscosidad cinemática va en aumento, reduciendo la eficiencia del motor en un 4.6% debido a que el proceso de combustión no se realiza adecuadamente.

Fuente: (AUTOR, 2019).

# Discusión de resultados

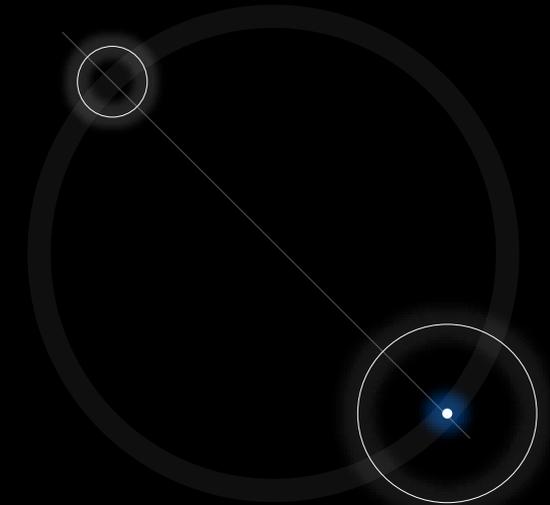
## Agua y sedimentos



- Según Hughey, 2014, demasiada agua deteriora la propiedad de lubricación del diésel. Al igual que un índice elevado de sedimentos podría evolucionar en un problema de obstrucción de ductos, filtros y otros elementos como los inyectores que comenzaran a presentar fallas en su desempeño

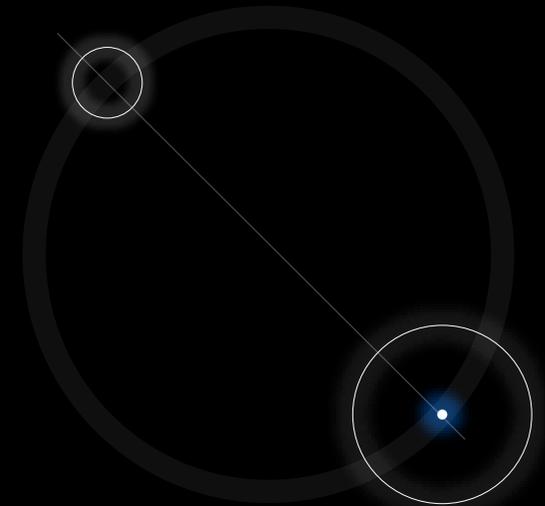
Fuente: (AUTOR, 2019).

- La norma ecuatoriana NTE INEN 1489:2012 - Séptima revisión, es muy permisiva con los elementos contaminantes ya que al comparar con otras normas vigentes como la europea y otras de la región como la colombiana y peruana, admite límites muy altos y poco ecológicos, con lo que se restringe el desarrollo de un biodiésel totalmente amigable con el ambiente.
- Al analizar varios estudios de uso y producción de biodiesel de países como Colombia y Perú, se evidencia un retraso en la labor de reducción de emisiones contaminantes en Ecuador, debido a la baja calidad de diésel tradicional que se produce y comercializa en el país. Mientras que nuestros países vecinos continúan con la labor de investigación de combustibles amigables con el ambiente y eficientes en los motores sin perjudicar la vida útil de los mismos, nuestro país no se ha visto tan involucrado en este tema.



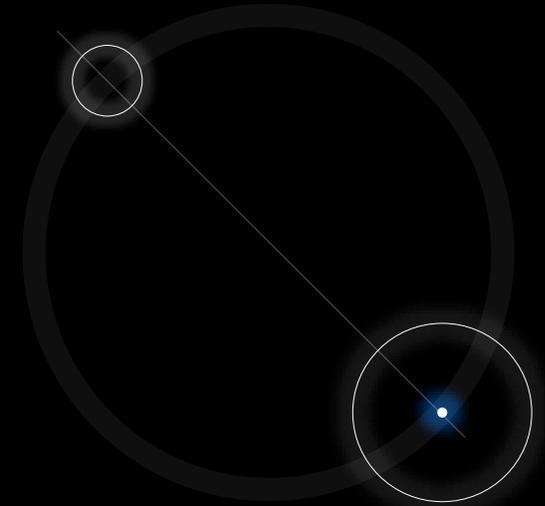
## CONCLUSIONES

- Ciertas mezclas evaluadas en la investigación demostraron que logran cumplir con cada una de las pruebas a excepción de la prueba de destilación que debido a la presencia de alcoholes en las muestras B15 y B15A no se logró establecer un valor aceptado, por lo tanto, no se pudo obtener valores de residuos de carbón, índice de cetano que son los parámetros que estamos tomando en cuenta para aproximar su eficiencia.
- A medida que el porcentaje de biodiésel fue aumentando, las mezclas iban acercándose a los límites máximos permitidos e inclusive saliendo de norma en algunos casos como lo fue en el contenido de carbón (1.831 %) y el contenido de cenizas (0.229%) de la muestra B5 y del residuo de carbón (0.309 %) y el contenido de cenizas (0.287%) en la B5A.

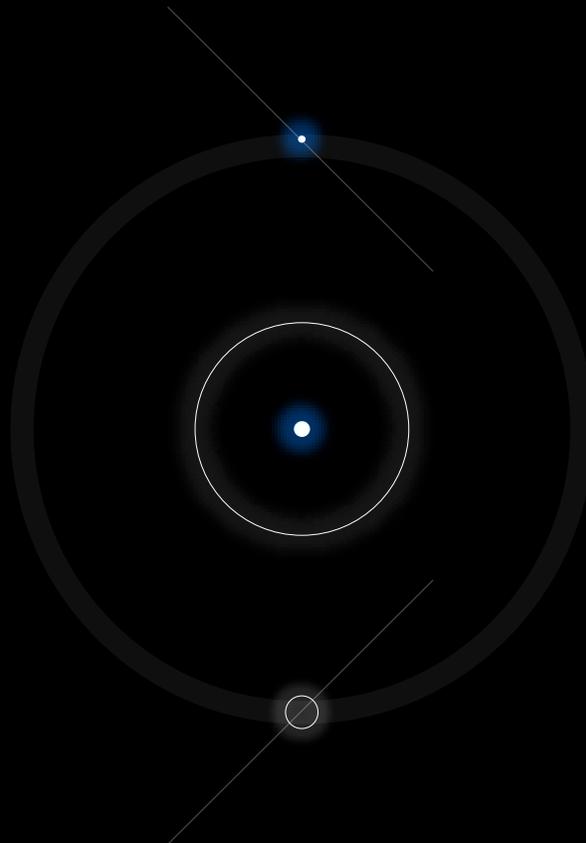


## CONCLUSIONES

- Las mezclas que se mantuvieron un comportamiento aceptable y amparado por la normativa nacional e inclusive en algunos aspectos en normas de los países vecinos fueron la mezcla B5A y la mezcla DF, teniendo en cuenta su favorable combustión completa, al no presentar altos números de residuos de carbón y cenizas, podemos decir que son estas las indicadas para poder reemplazar al diésel tradicional en nuestro campo automotor local.



## CONCLUSIONES



# GRACIAS

David Suarez 

Ingeniería Mecánica Automotriz

UISEK