



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# “INVESTIGACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA EMULSIÓN DIÉSEL-ETANOL PARA DETERMINAR SU INFLUENCIA EN LOS PARÁMETROS MECÁNICOS Y TÉRMICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A DIÉSEL”

**AUTOR: OSCAR FABRICIO CHICAIZA YUGCHA**

**DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

**2017**





## OBJETIVOS

**Objetivo general:** Investigar el potencial energético de la emulsión diésel-etanol para determinar su influencia en los parámetros mecánicos y térmicos del motor de combustión interna a diésel.





## ANTECEDENTES



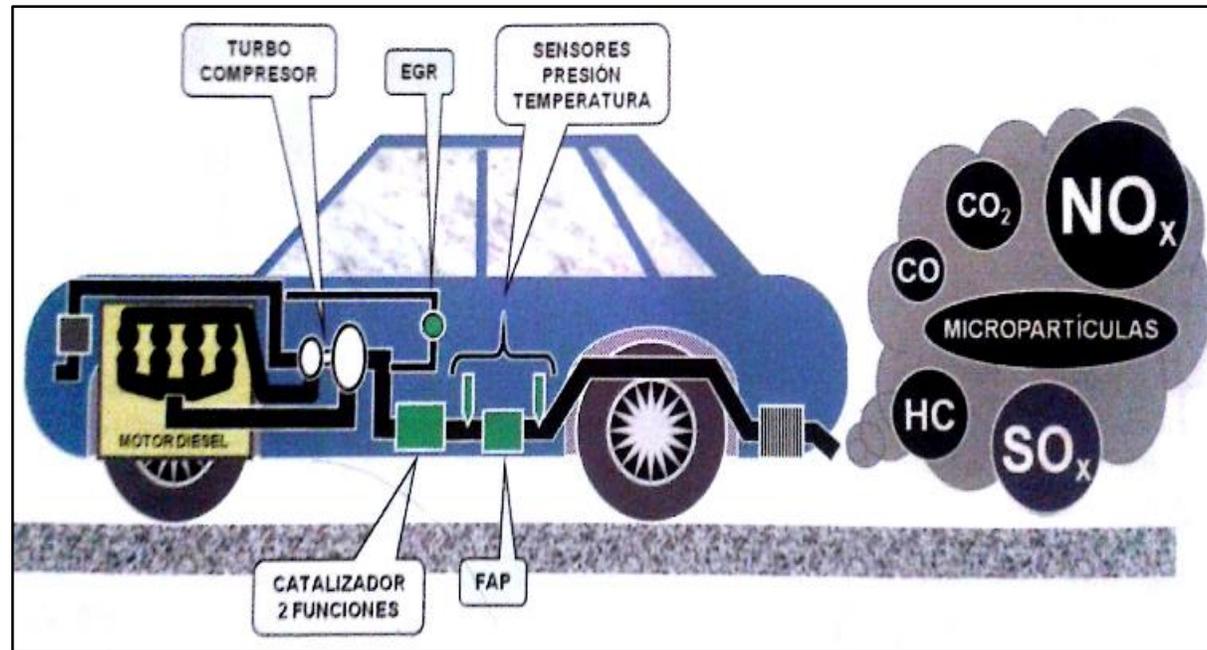
“Krister G., (2006) menciona: “Los beneficios de un combustible emulsionado son la reducción en las emisiones de óxidos de nitrógeno y materiales particulados, ambos peligrosos para la salud, y reducción en el consumo de combustible debido a la mejor eficiencia de combustión. Un aspecto importante es que el diésel emulsionado puede ser usado sin modificaciones en el motor”. (p. 231).

Gerdes, & Suppes, (2001), describen que: “Estudios previos han demostrado que al mezclar diésel con etanol en proporciones superiores de 3% a 5% en volumen de etanol se requieren aditivos (cosolventes) para evitar separación de fases en la mezcla” (pág. 949-946).



## PROBLEMA

Una posibilidad para reducir la contaminación son los biocombustibles aunque un inconveniente es el deforestar zonas para cultivar, siendo así, las investigaciones continúan para la búsqueda de alternativas que encaje en el desarrollo sostenible y equilibrado (Orovio, 2010).



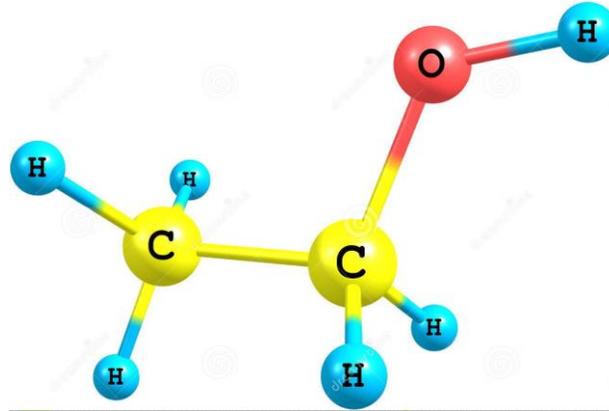


## MARCO TEÓRICO

### ETANOL

El etanol, también llamado alcohol etílico es un líquido incoloro, de olor fuerte e inflamable que se obtiene por destilación de productos de fermentación de sustancias azucaradas o feculentas, como la uva, la melaza, la caña o la papa, forma parte de numerosas bebidas (vino, aguardiente, cerveza, etc.) y se emplea principalmente como desinfectante. (<https://www.ecured.cu/Etanol>).

Su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , principal producto de las bebidas alcohólicas.





## Pureza

Normalmente el etanol se concentra por destilación de disoluciones diluidas. El de uso comercial contiene un 95% en volumen de etanol y un 5% de agua. Ciertos agentes deshidratantes extraen el agua residual y producen etanol absoluto. (<https://www.ecured.cu/Etanol>).





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIESEL

### Combustibles de origen fósil

El gasóleo o diésel, también denominado gasoil, es un hidrocarburo líquido de densidad sobre  $832 \text{ kg/m}^3$  ( $0,832 \text{ g/cm}^3$ ), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. Su poder calorífico ( $43,1 \text{ MJ/kg}$ ).





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## BIODIESEL

El **biodiesel** (biocombustible) es un líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo.





## EMULSIONES

Es la estabilización del agua u otra sustancia no miscible en el diésel, para lo cual se utilizan emulsionantes, el objeto de ello es evitar una desemulsificación, (Bosch, 2005).

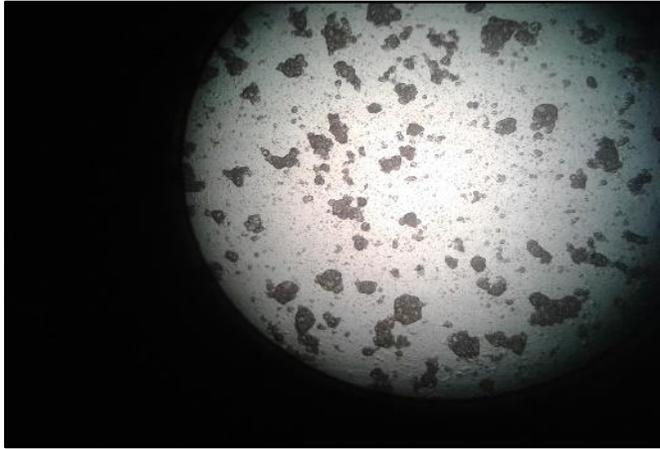
Romo, L., (1993), menciona: “Una emulsión es un sistema constituido por dos líquidos inmiscibles en el que uno es la fase continua y el otro la fase discontinua formada por partículas del líquido de diámetros que varía aproximadamente entre  $1\ \mu$  y  $30\ \mu$ ” (pág. 1).



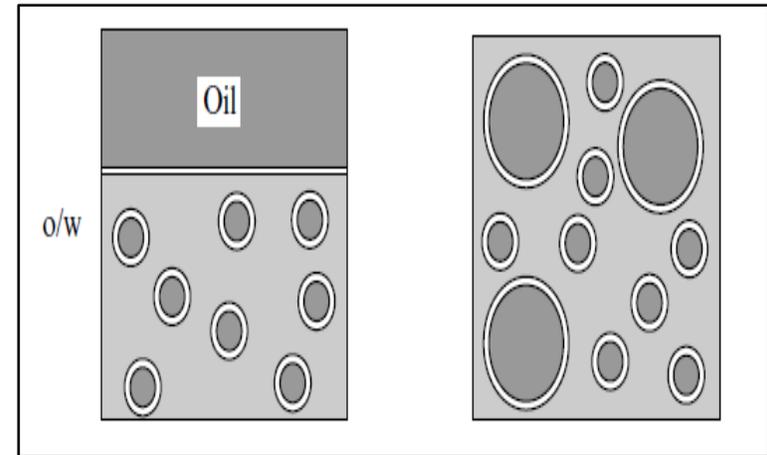


## CLASIFICACIÓN

Emulsiones de agua en líquido orgánico (A/O)



Emulsiones de líquido orgánico en agua (O/A)





## ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS



Con la utilización de las emulsiones pueden rebajarse las **emisiones de hollín y óxidos de nitrógeno**, ya que la mezcla es más fría debido a la proporción de agua (Bosch, 2005).

### (Lif & Holmberg, 2006)

- Resulta en la reducción del nivel de NOx formados.
- Usado sin modificaciones en el motor

### (Kannan & Marappan, 2011)

- Mejoramiento de la eficiencia térmica al freno.
- Reducción de los gases contaminantes como los NOx y los HC.

Propiedades de combustibles emulsionados		
Tipo de combustible	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Valor calorífico kJ/kg
Diésel	830	42500
Biodiesel	860	41032
Biodiesel + 5% W	867	38665
Biodiesel + 10% W	874	36337
Biodiesel + 15% W	881	34046
Biodiesel + 20% W	888	31791

Fuente: (Kannan & Marappan, 2011)





## TENSIOACTIVOS

Romo, L. (1993). dice : “Estas sustancias forman soluciones acuosas en las que las interacciones energéticas moleculares son menos complejas y de menor magnitud que cuando las sustancias tensioactivas son iónicas”.

Existen cinco diferentes interfaces:

- Sólido – vapor (superficie)
- Sólido – líquido
- Sólido – sólido
- Líquido – vapor (superficie)
- **Líquido – líquido**

Tipo	FM	BHL
Span 80	$C_{24}H_{44}O_6$	4.3
Span 83	$C_{18}H_{130}O_{18}$	3.7
Ácido oleico	$C_{18}H_{34}O_2$	1

**Tensioactivos para emulsiones**

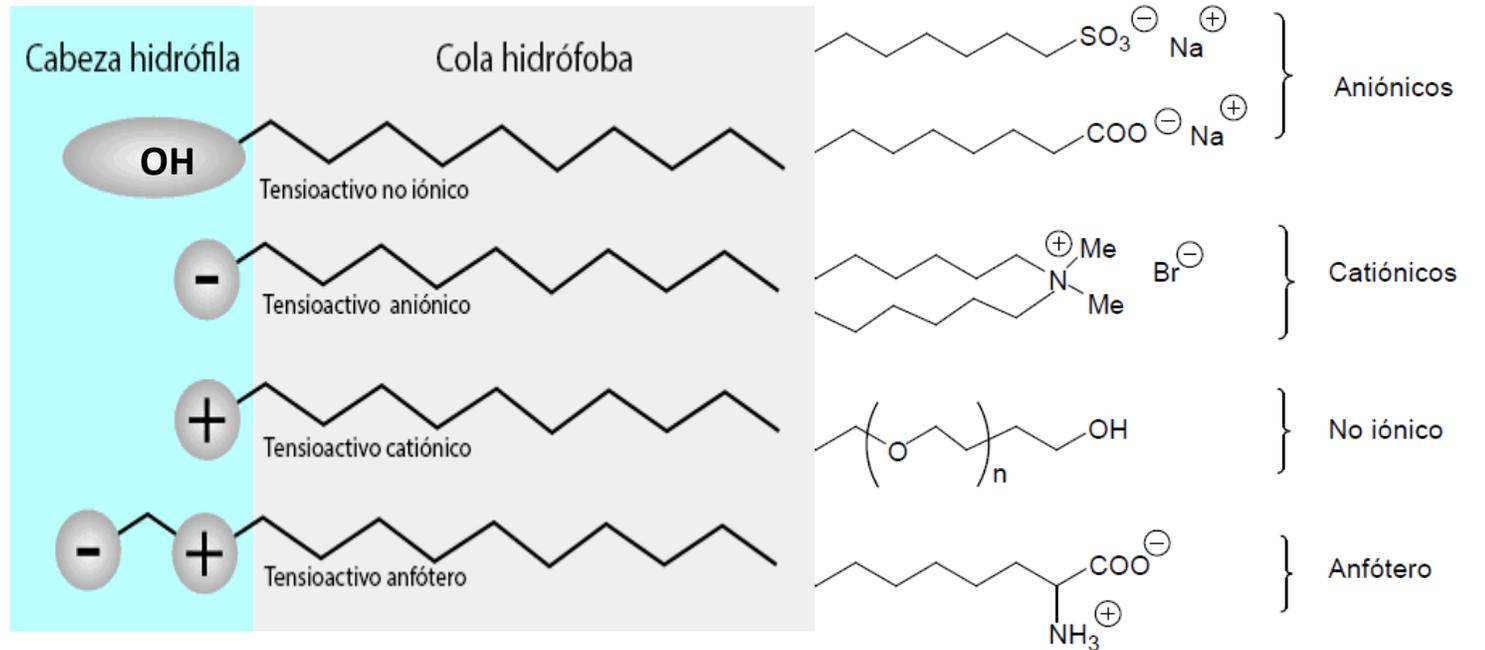
Fuente: (Melo, Piloto, Goyos, Verhelst, & Sierens, Academia, 2016)



## CLASIFICACIÓN

La clasificación primaria de los tensioactivos es echa en base de la carga del grupo de cabeza polar.

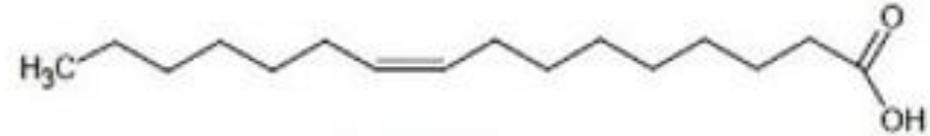
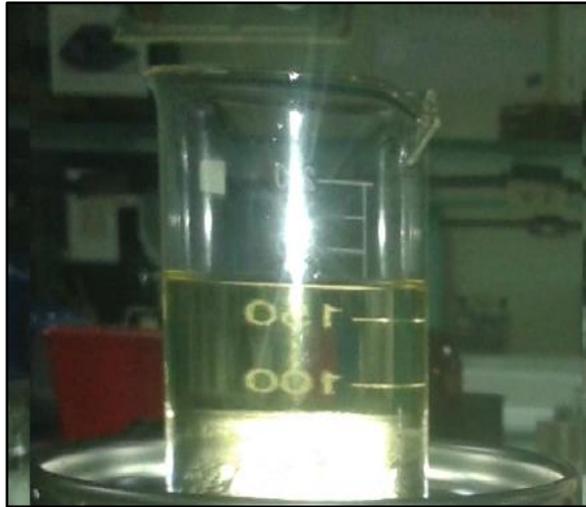
- **Aniónicos.**
- **Catiónicos.**
- **No – Iónicos.**
- **Anfótero.**



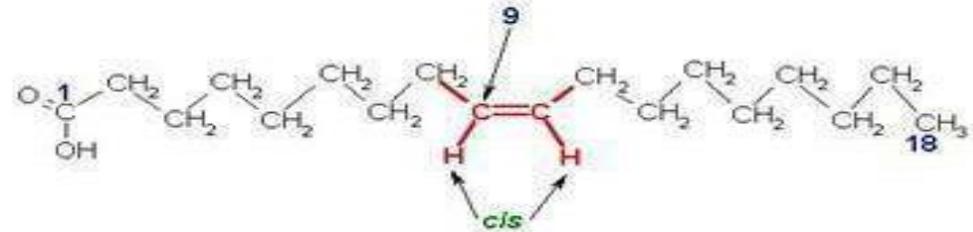


## TENSOACTIVOS NO – IÓNICOS

**Ácido oleico:** Es un ácido graso monoinsaturado de la serie omega 9 típico de los aceites vegetales como el aceite de oliva, aceite de girasol, del aguacate, etc. Ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares.



Ácido oléico  
C18:1  
Ómega 9





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## TWEEN 80

Líquido oleoso límpido, o ligeramente opalescente, incoloro o amarillo pardusco. Dispersable en agua, etanol anhidro, acetato de etilo, y metanol.

El Tween 80 es quizás el más usado en formulación magistral. Tiene acción protectora y emoliente. Es un agente humectante en la formulación de suspensiones orales y parenterales, y un detergente y acondicionador en champús. Es muy bien tolerado y no es irritante para la piel y mucosas.





## BALANCE HIDROFÍLICO LIPOFÍLICO (BHL)

Griffin introdujo el concepto del balance hidrofílico-lipofílico (BHL) de un surfactante, debido a la necesidad de establecer criterios para seleccionar sustancias anfifílicas que puedan conducir a la preparación de una emulsión ya sea esta A/O u O/A.

### Escala de Griffin

Esta escala está comprendida entre 1 y 20

Correspondiendo:

1 a 100% lipofílico  
y  
20 a 100% hidrofílico





## APLICACIÓN SEGÚN BHL

### Aplicación de una emulsión de acuerdo al BHL

BHL Rango de número	Aplicación
3-6	Emulsificante W/O
7-9	Agente humectante
8-14	Emulsificante O/W
9-13	Detergente
10-13	Solubilizante
12-17	Dispersante

Fuente: (Holmberg, Jönsson, Kronberg, & Lindman, 2003)





Los combustibles de origen fósil tiene entre sus principales componentes parafinas (Payri & Desantes, 2011, pág. 393).

### BHL requerido para emulsionar

Sustancia	Emulsión A/O	Emulsión O/A
Aceite de algodón		7.5
Parafina líquida	4	10-12
Vaselina	4	10-12
Ácido Esteárico		15-18
Cera de abeja	5	10-16
Lanolina anhidra		10-12
Aceites vegetales		6-10

Fuente: (Oliva i Herrera, 2009)





## BHL CALCULADO

El valor BHL utilizado para la investigación es 4, donde la sustancia A: Tween 80 y B: ácido oleico, se obtiene:

Raheman & Kumari (2014), calculan el BHL de la mezcla usando las ecuaciones:

$$\%_A = \frac{(BHL - BHL_B) \times 100\%}{BHL_A - BHL_B}$$

$$100\% = \%_A + \%_B$$

Compuesto	BHL
Ácido oleico (B)	1
Tween 80(A)	15

$$\text{Sustancia } \%_A = \frac{(4 - 1) \times 100\%}{15 - 1}$$
$$\%_A = 21.42\%$$

$$\text{Sustancia } \%_B = 100\% - 21.42\%$$
$$\%_B = 78.57\%$$





## MECANISMOS DE FORMACIÓN DE EMULSIONES

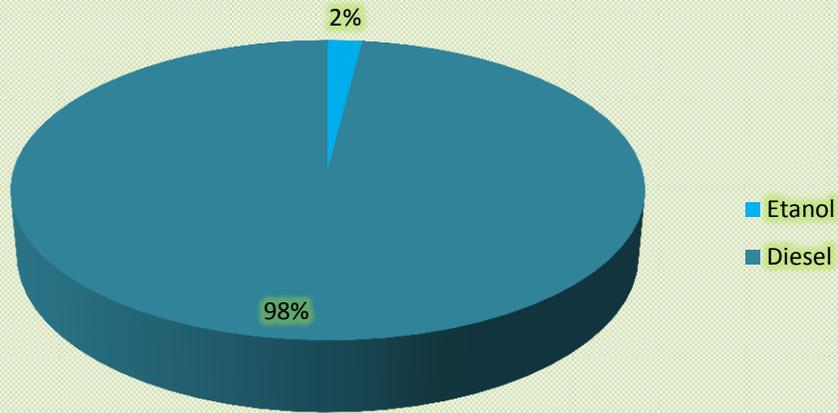
Para la formulación de emulsiones se puede contar con diferentes equipos emulsionantes como: mezcladores, agitadores, homogenizadores de alta presión, molinos coloidales, generadores de ultrasonido entre otros, así con diferentes métodos y tensioactivos se puede realizar la homogenización de las sustancias líquidas.



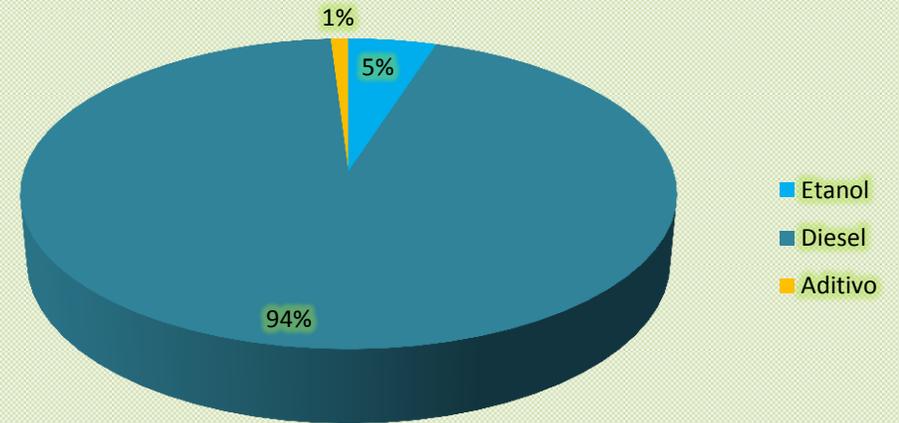


## EXPERIMENTACIONES Y RESULTADOS

EMULSIÓN 2%

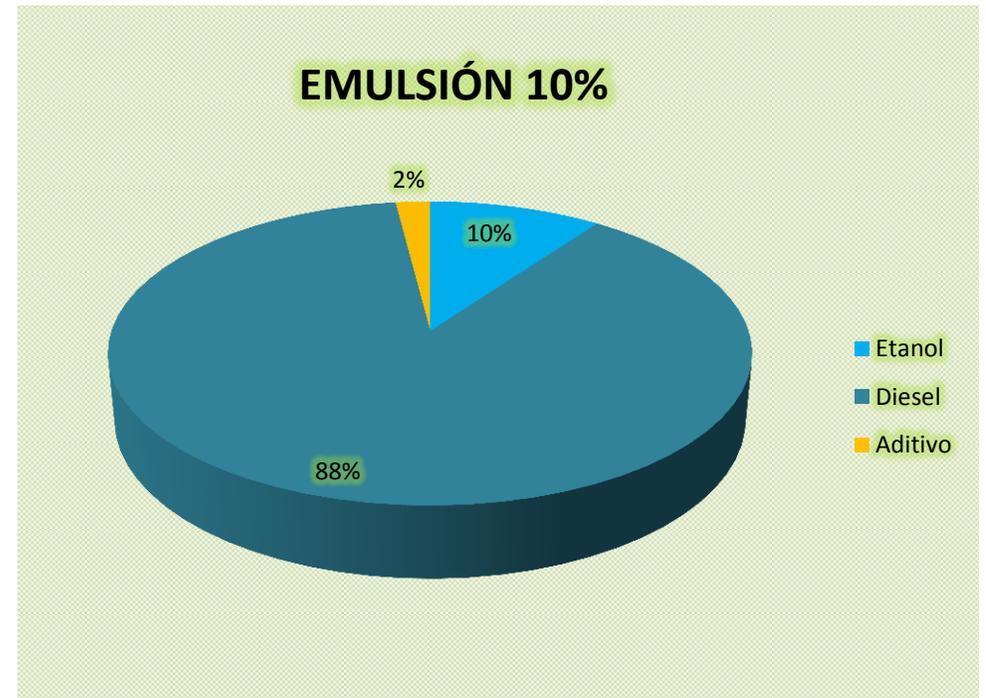
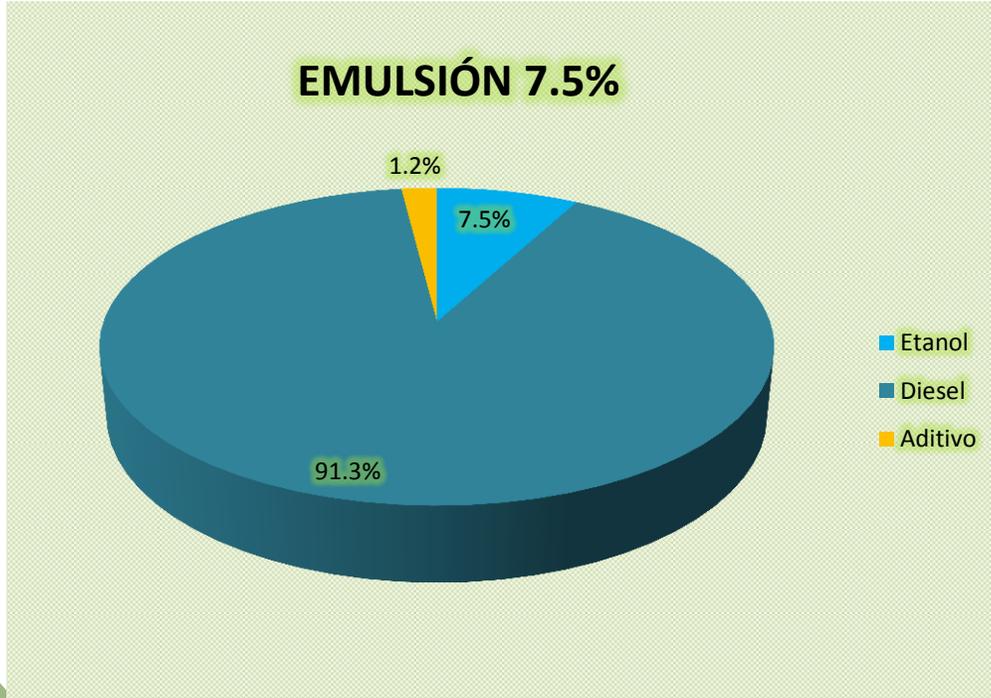


EMULSIÓN 5%





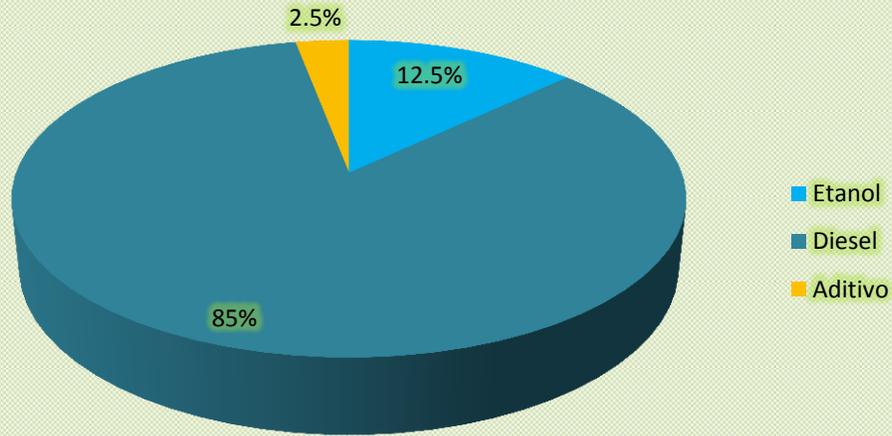
## EXPERIMENTACIONES Y RESULTADOS



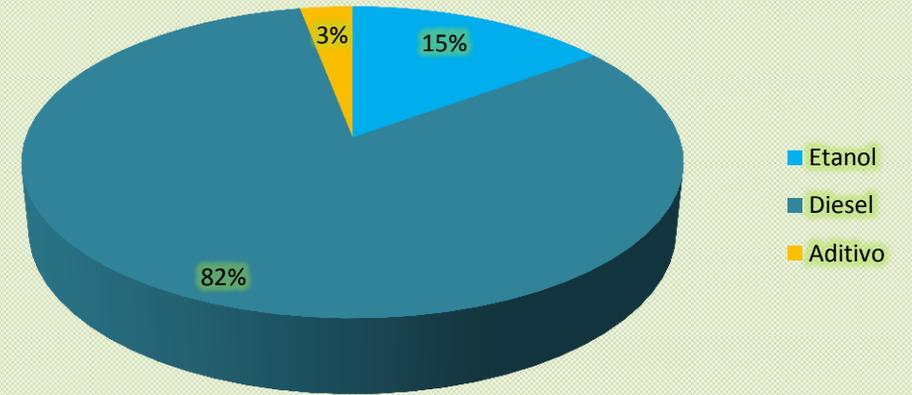


## EXPERIMENTACIONES Y RESULTADOS

EMULSIÓN 12.5%



EMULSIÓN 15%





## CARACTERÍSTICAS



Muestra	Tiempo de observación (Semanas)	Estabilidad a 45°C (Cualitativo)	Tamaño de partícula (nm)	Aspecto Cualitativo
Diésel-Etanol 2%	5	Estable	7.8	Translucido
Diésel-Etanol 5%	5	Estable	10.8	Translucido
Diésel-Etanol 7.5%	5	Estable	12.9	Translucido- amarillento
Diésel-Etanol 10%	5	Estable	15.6	Translucido
Diésel-Etanol 12.5%	5	Estable	20.8	Translucido- amarillento
Diésel-Etanol 15%	5	Estable	25.2	Translucido- amarillento





## APARIENCIA FÍSICA DE LAS EMULSIONES





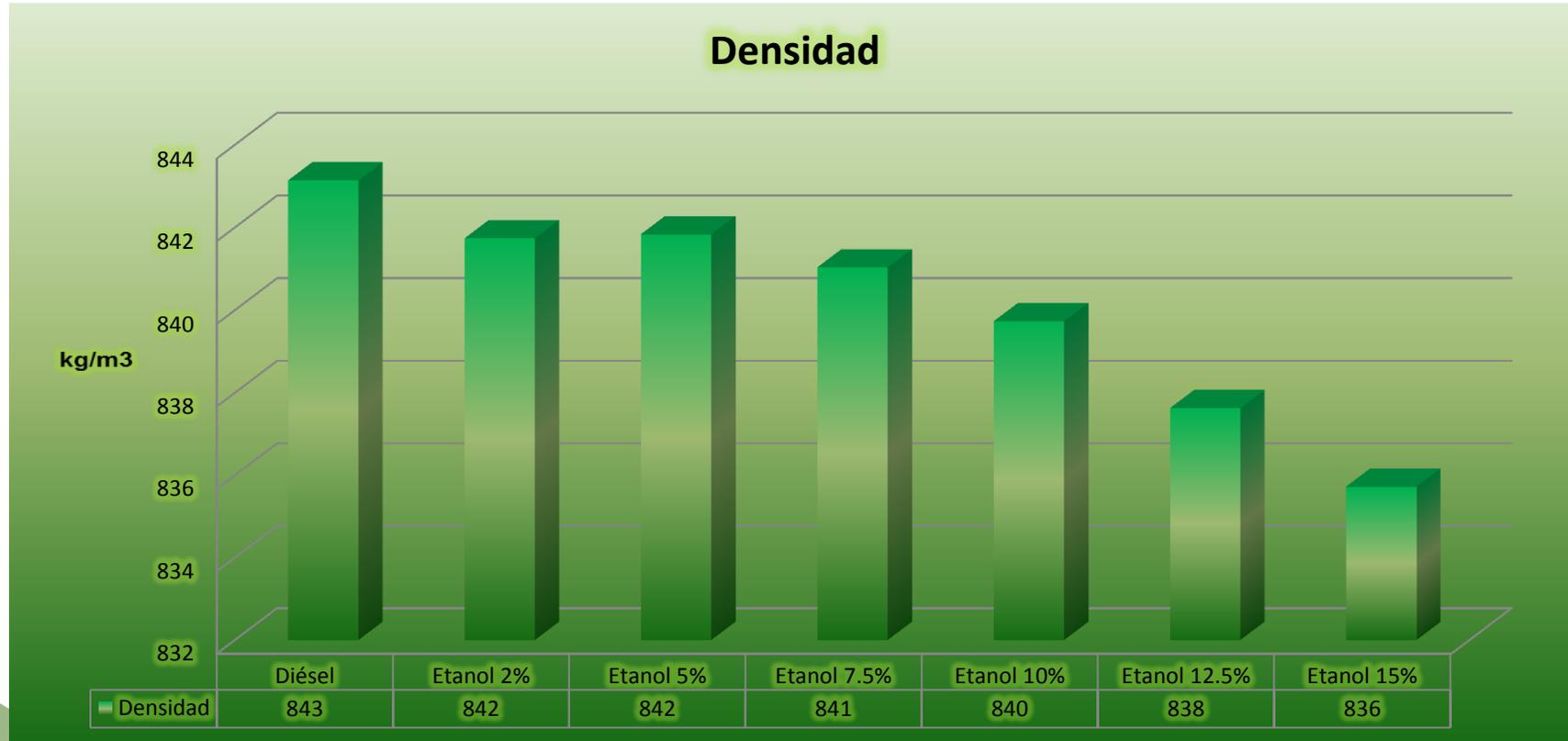
## OBTENCIÓN DE DATOS

Parámetro	Equipo/Instrumento
Densidad	Picnómetro
Viscosidad	Baño térmico Huber/Viscosímetro Cannon-Fenske
Tamaño de partícula	HORIBA SZ-100 (DLS)
Poder calorífico	Bomba calorimétrica adiabática
Torque	Banco de pruebas PLINT TE-46
Potencia	Banco de pruebas PLINT TE-46
Consumo de combustible	Banco de pruebas PLINT TE-46
Opacidad	Opacimetro NDO-6000



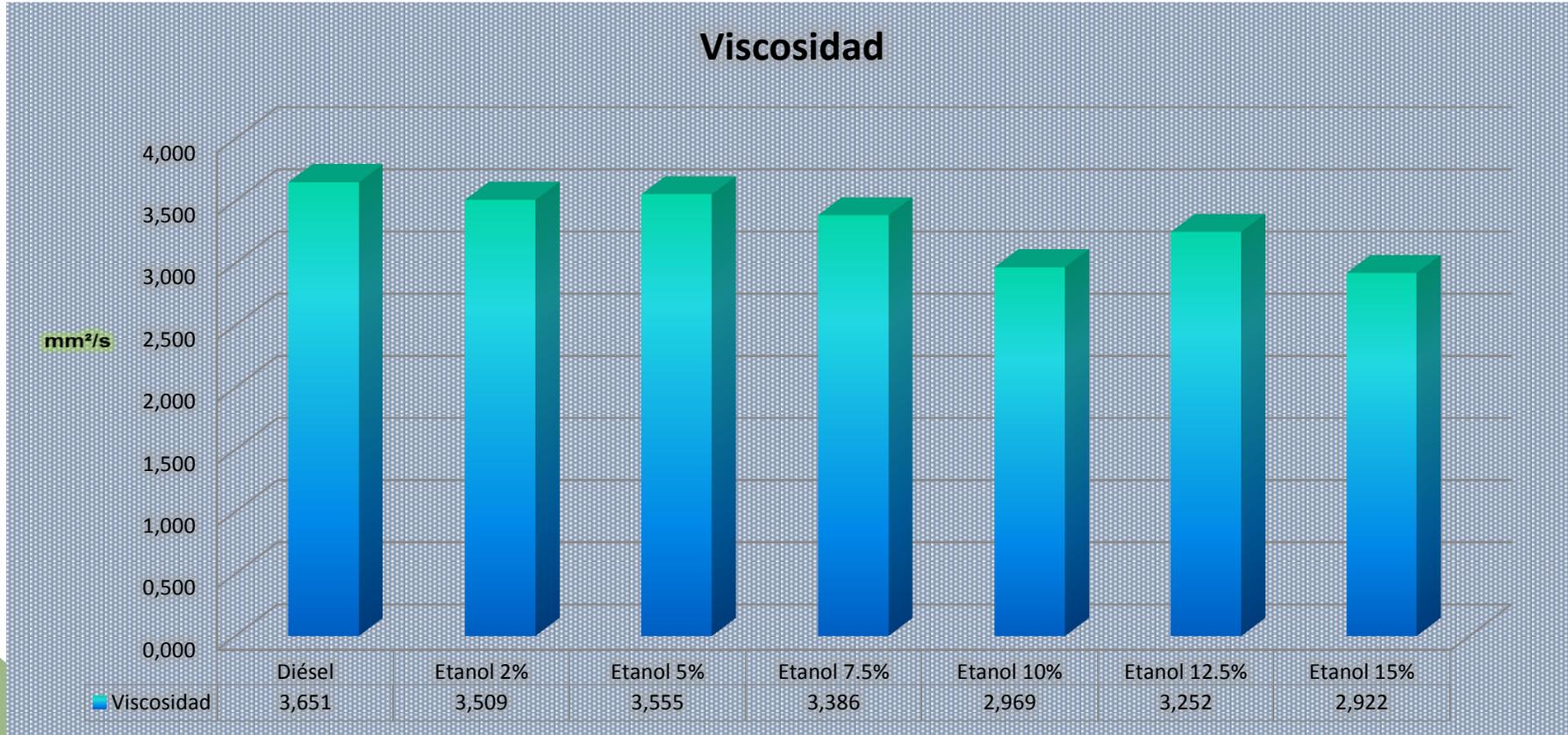


## PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS



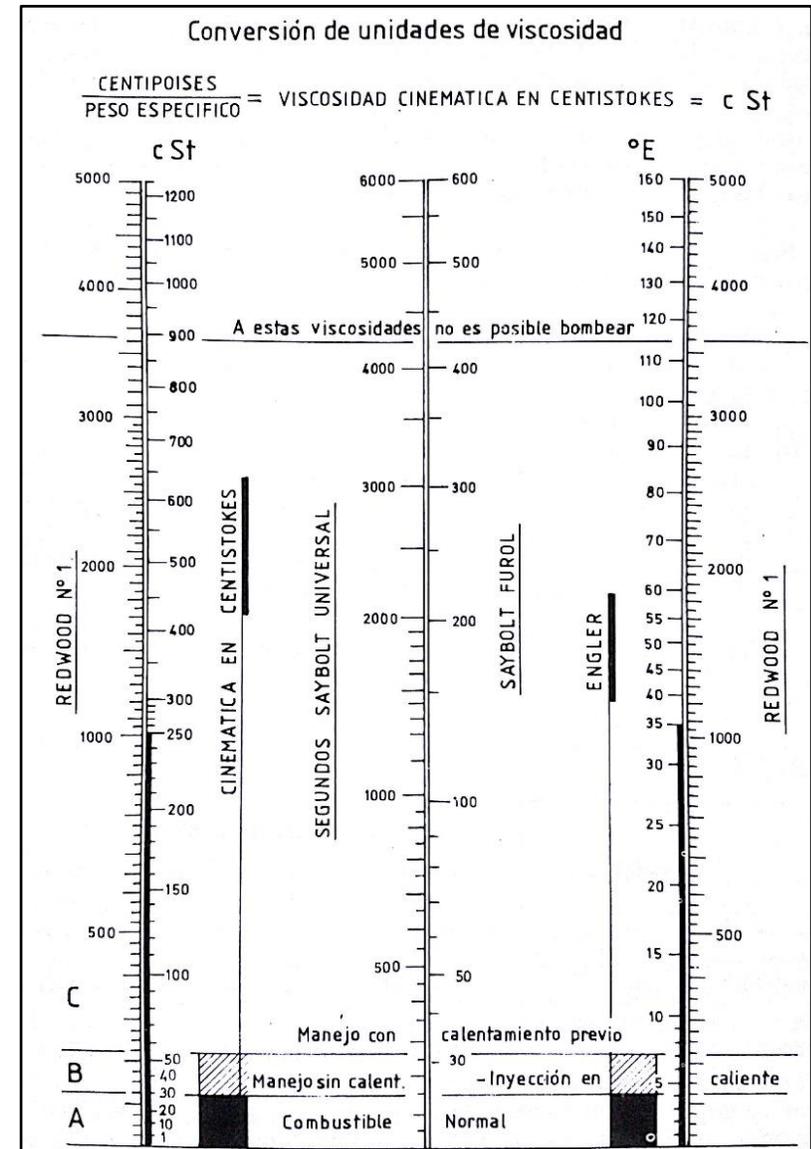
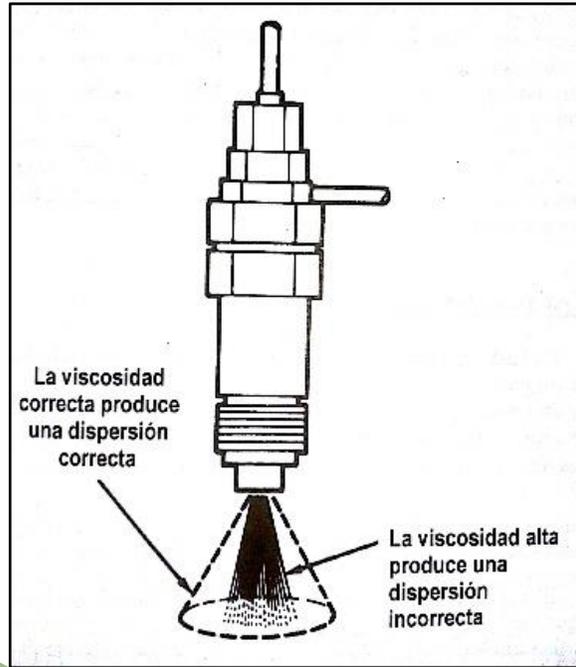


## PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS



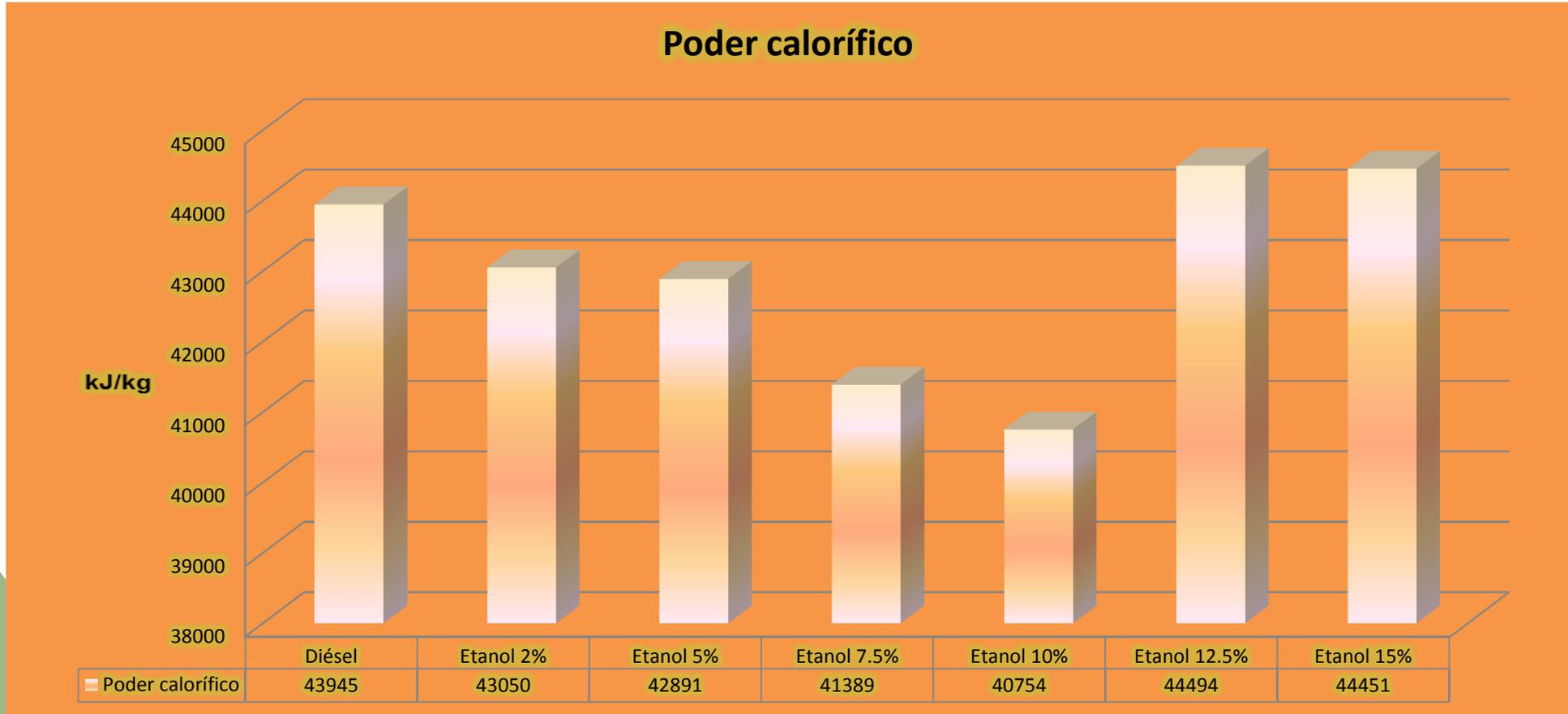


La viscosidad del combustible afecta al modelo de pulverización (Ralbovsky, 2000).



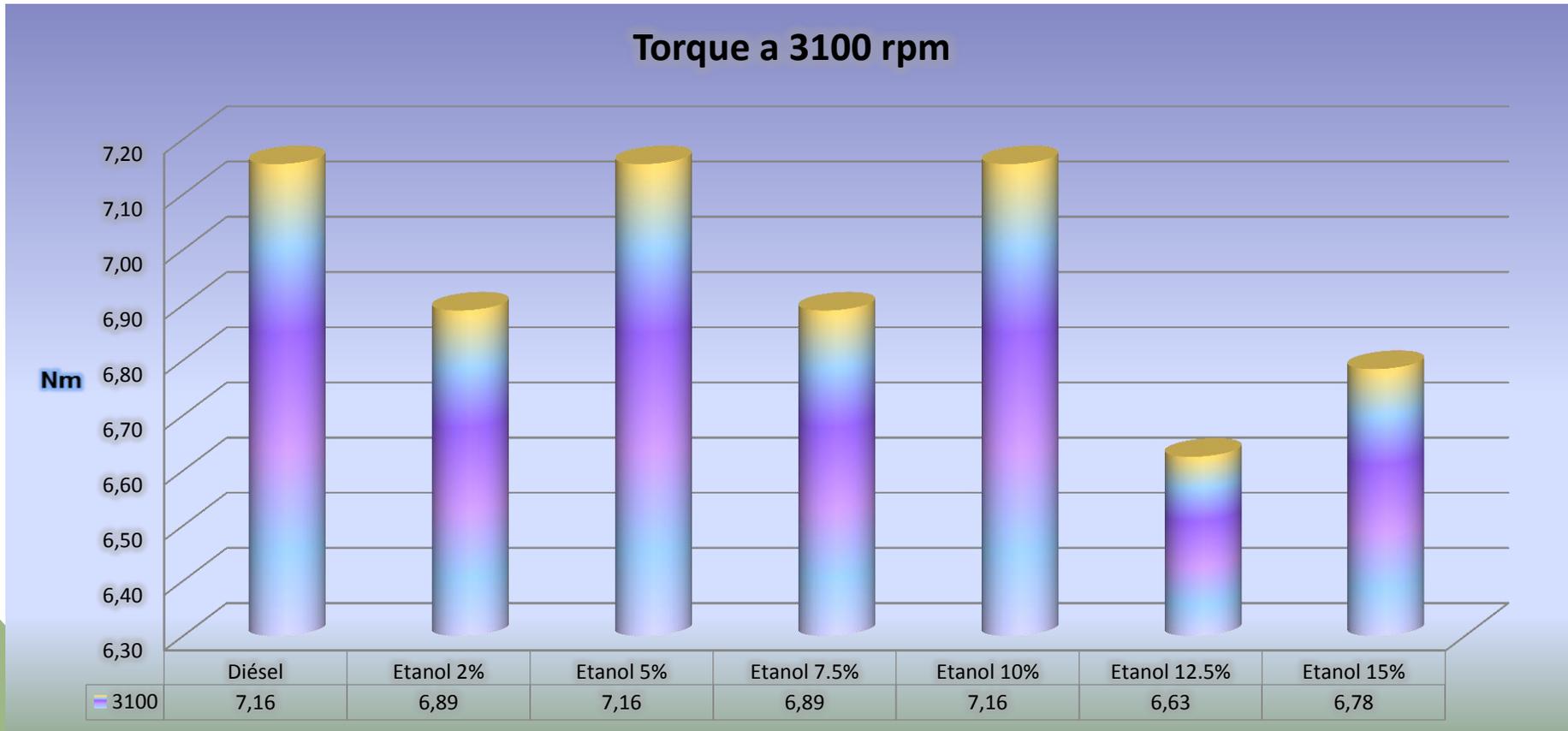


## PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS



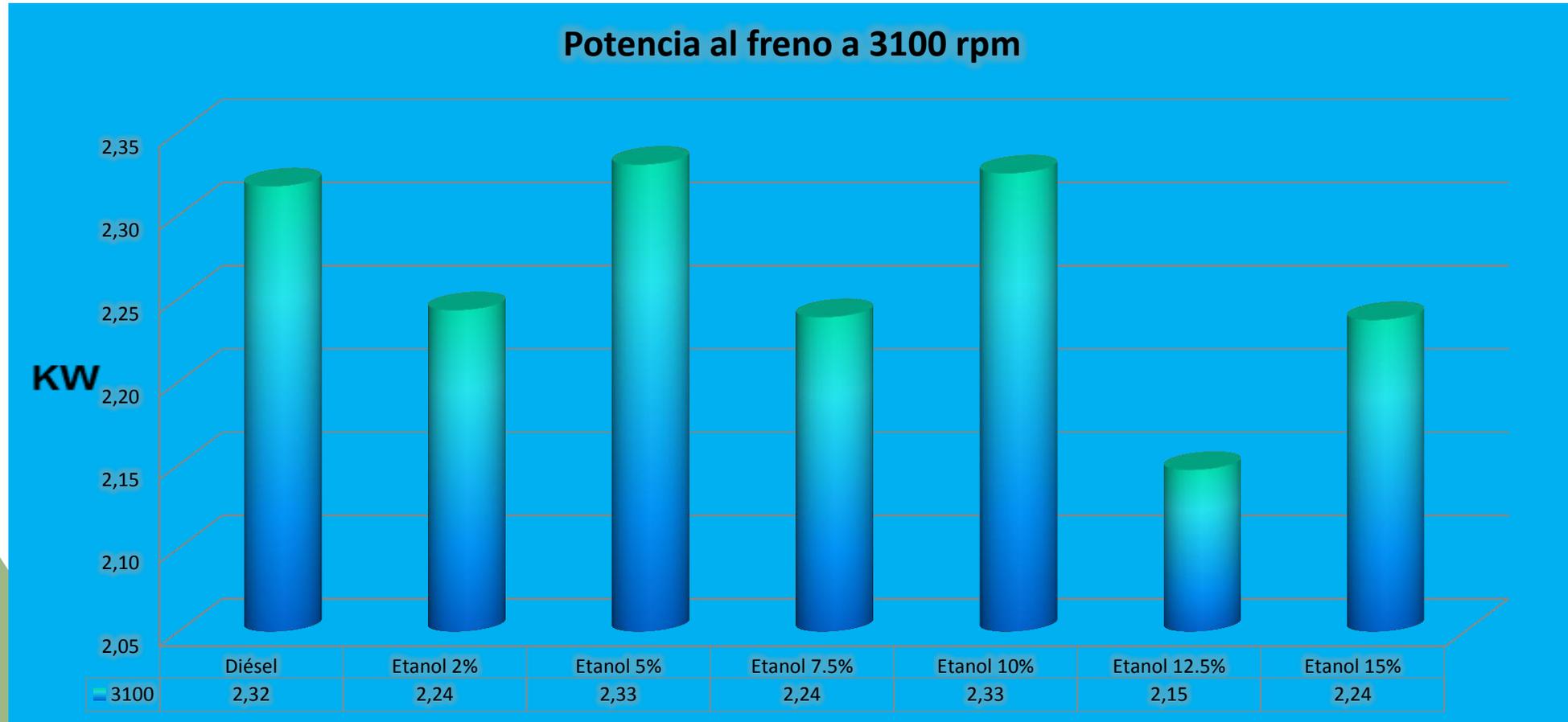


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS





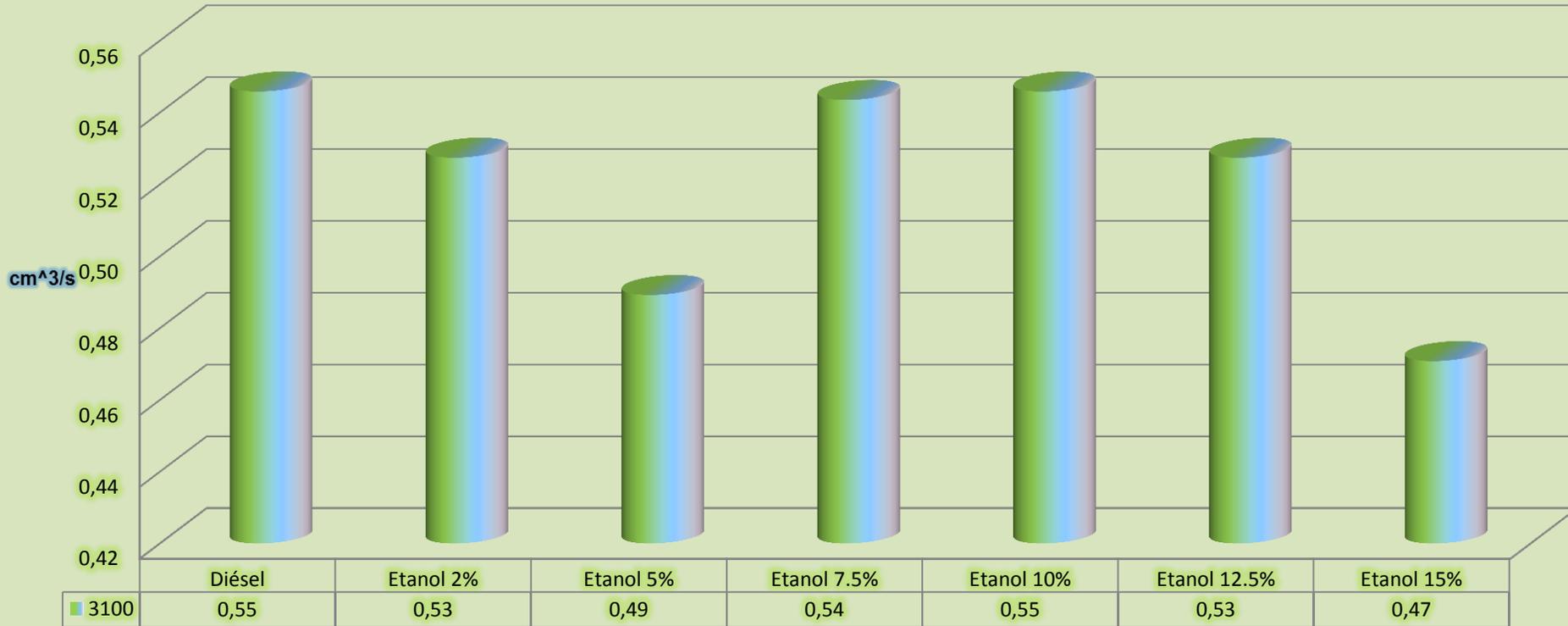
## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS





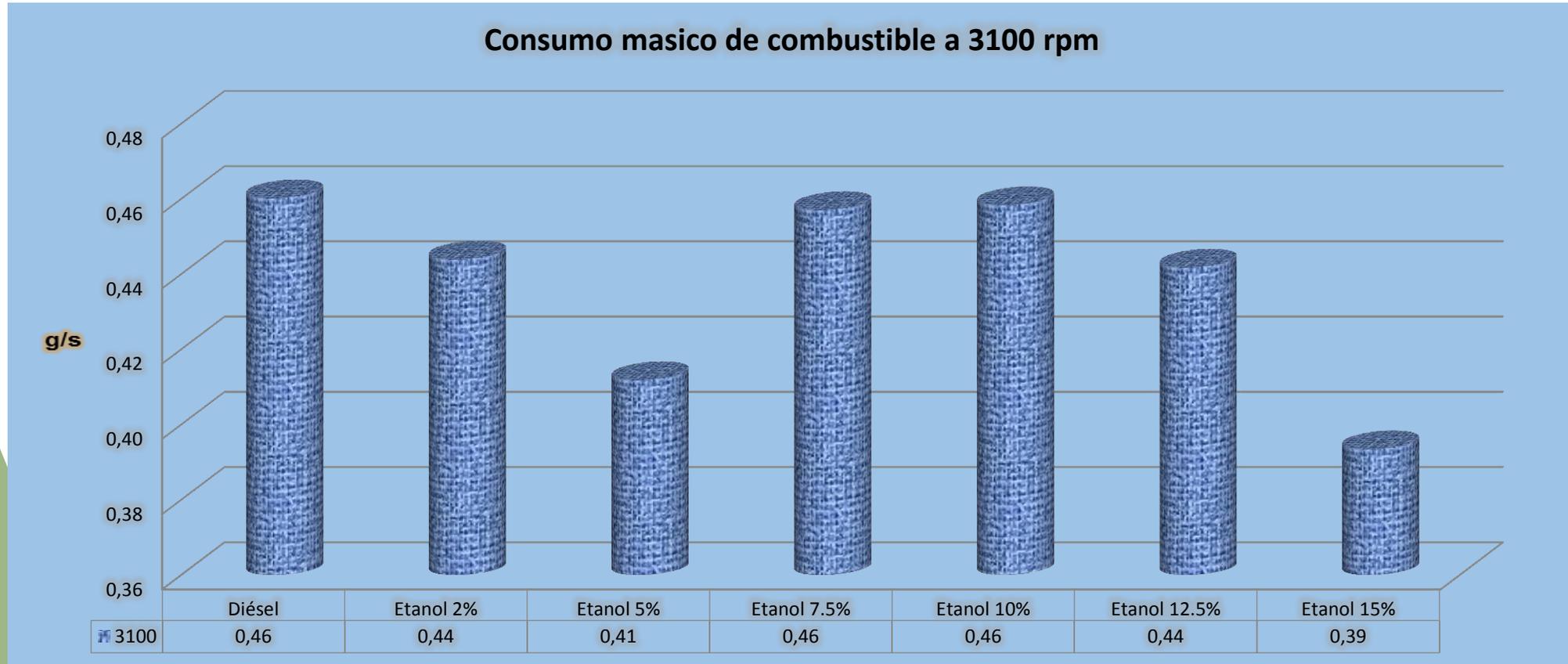
## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS

Caudal de combustible a 3100 rpm



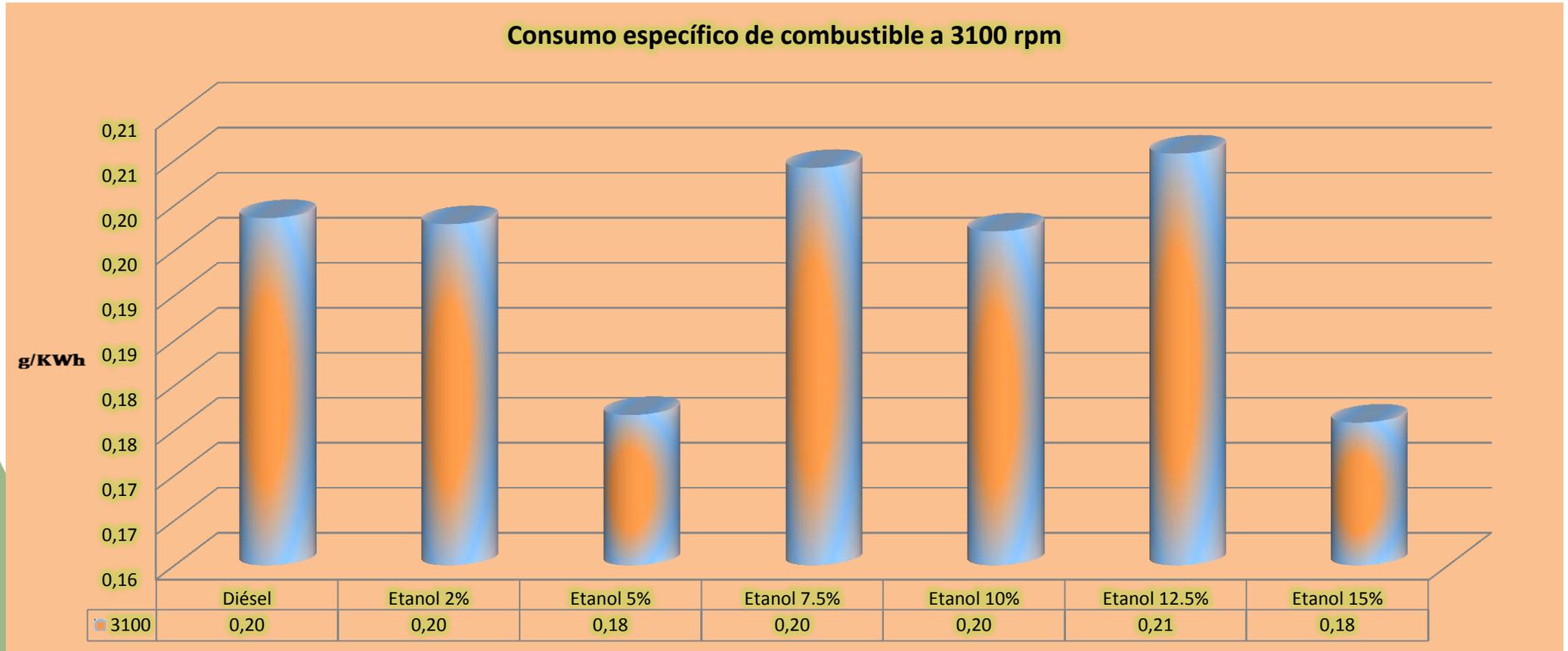


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS



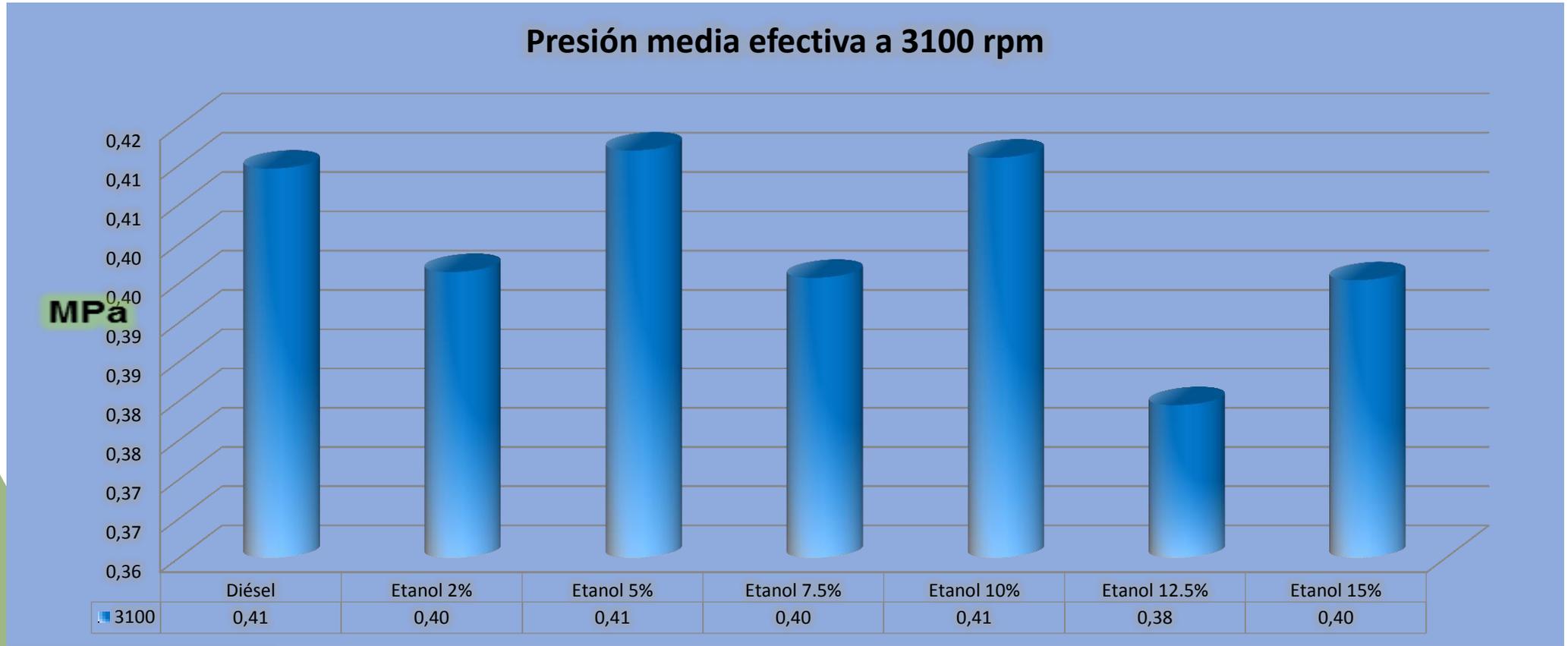


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS



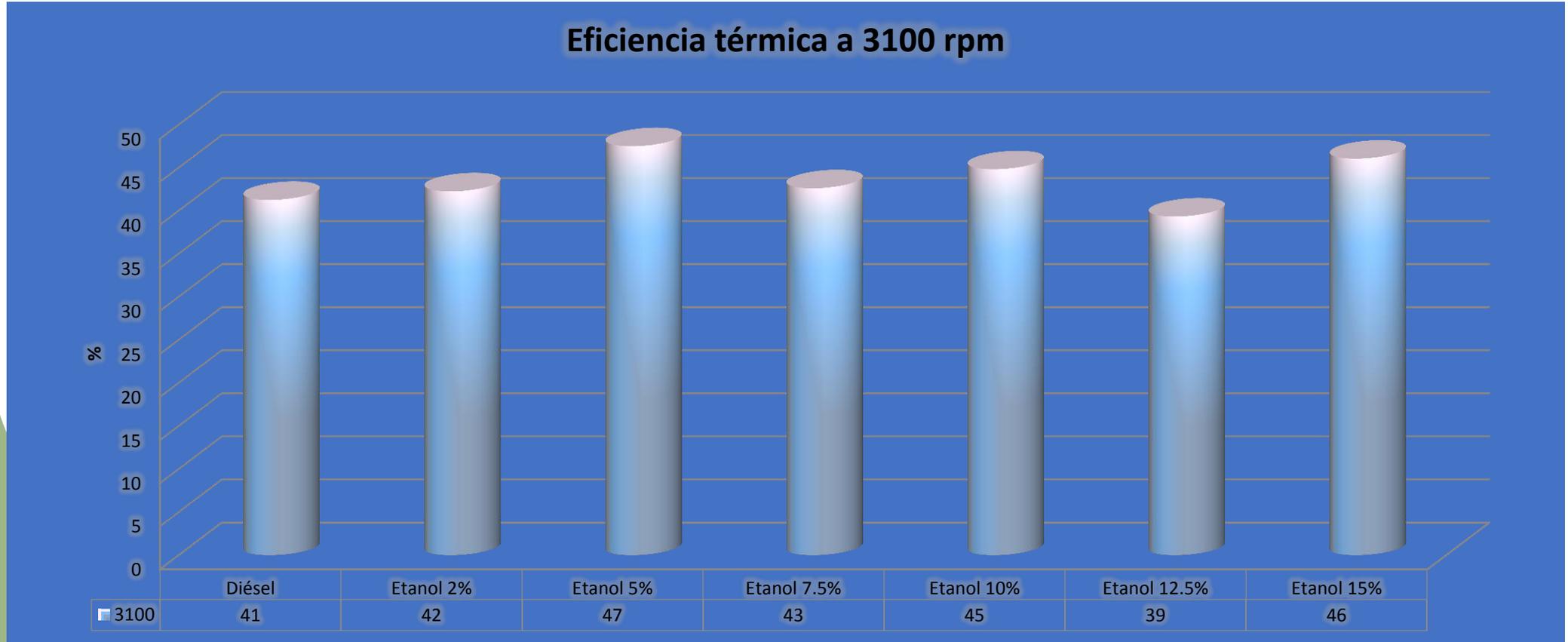


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS



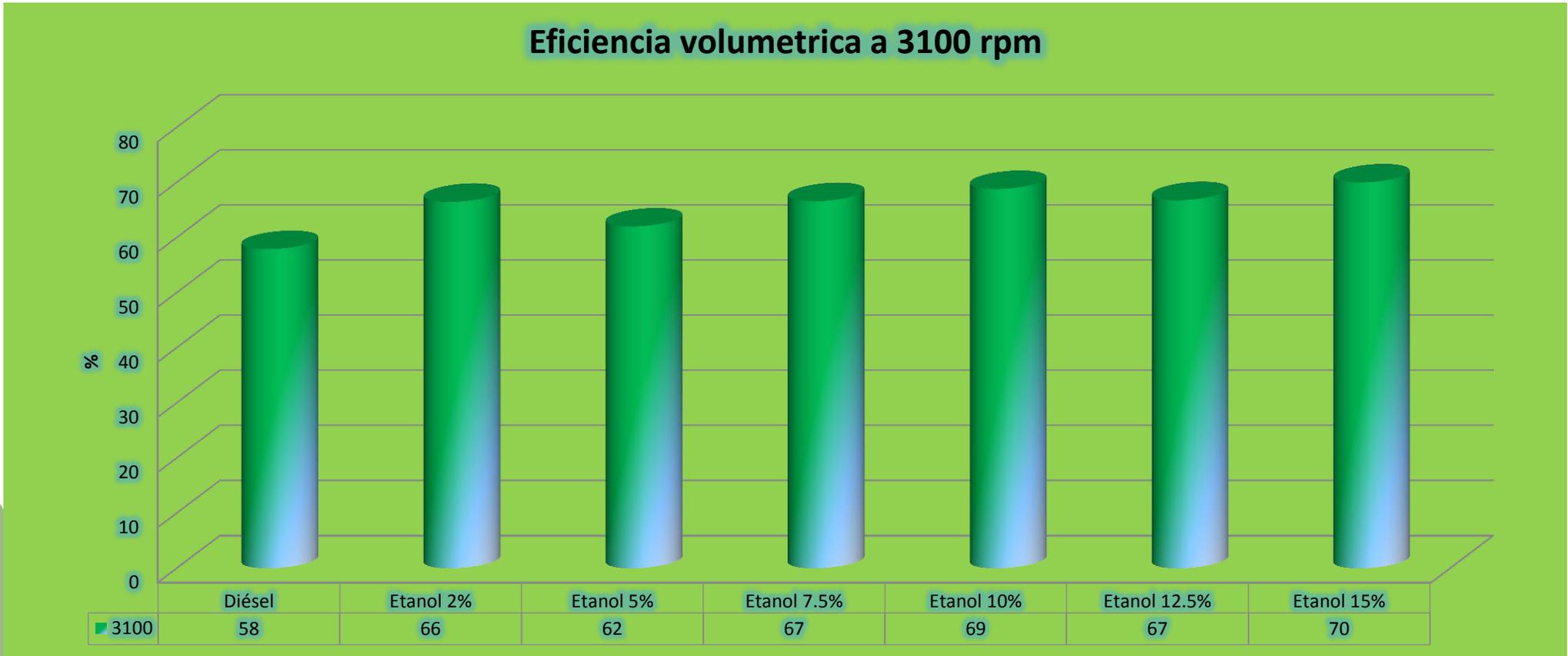


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS



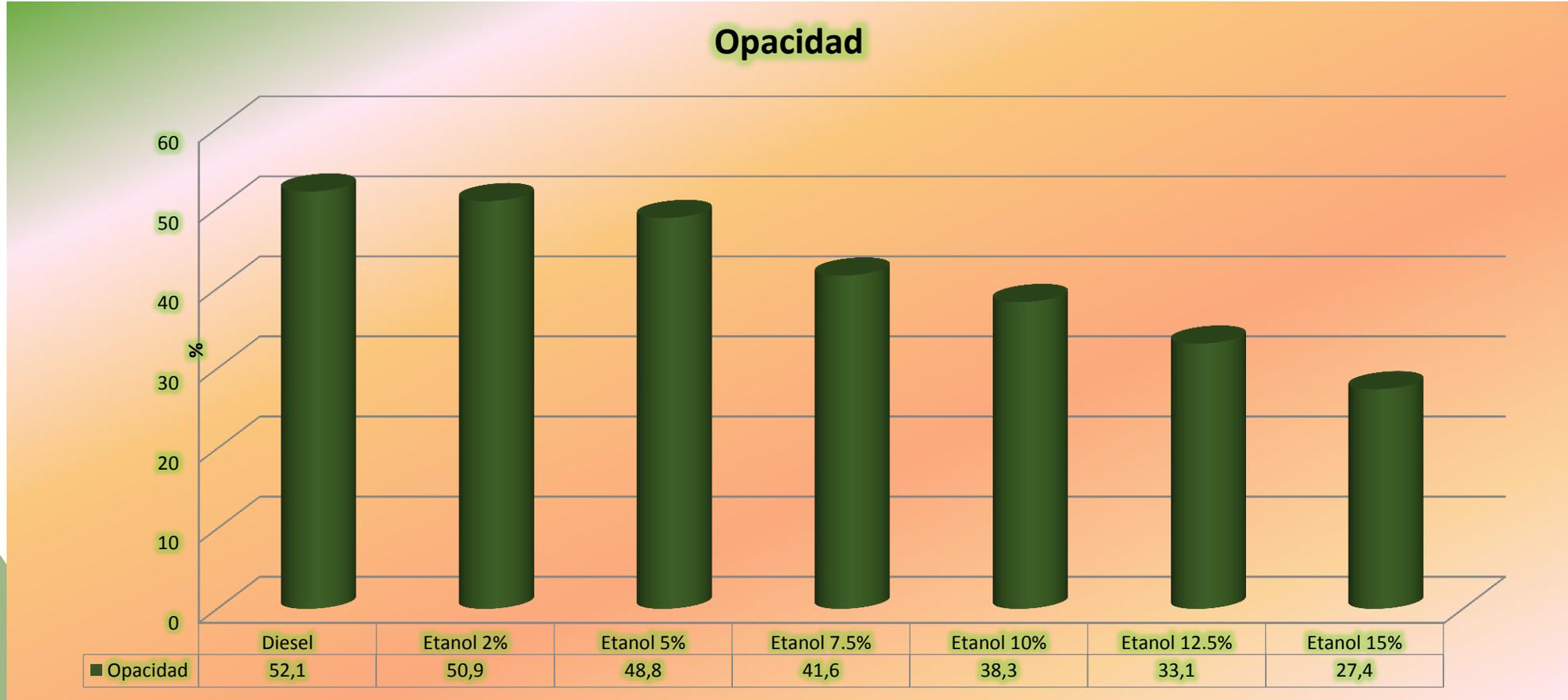


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS



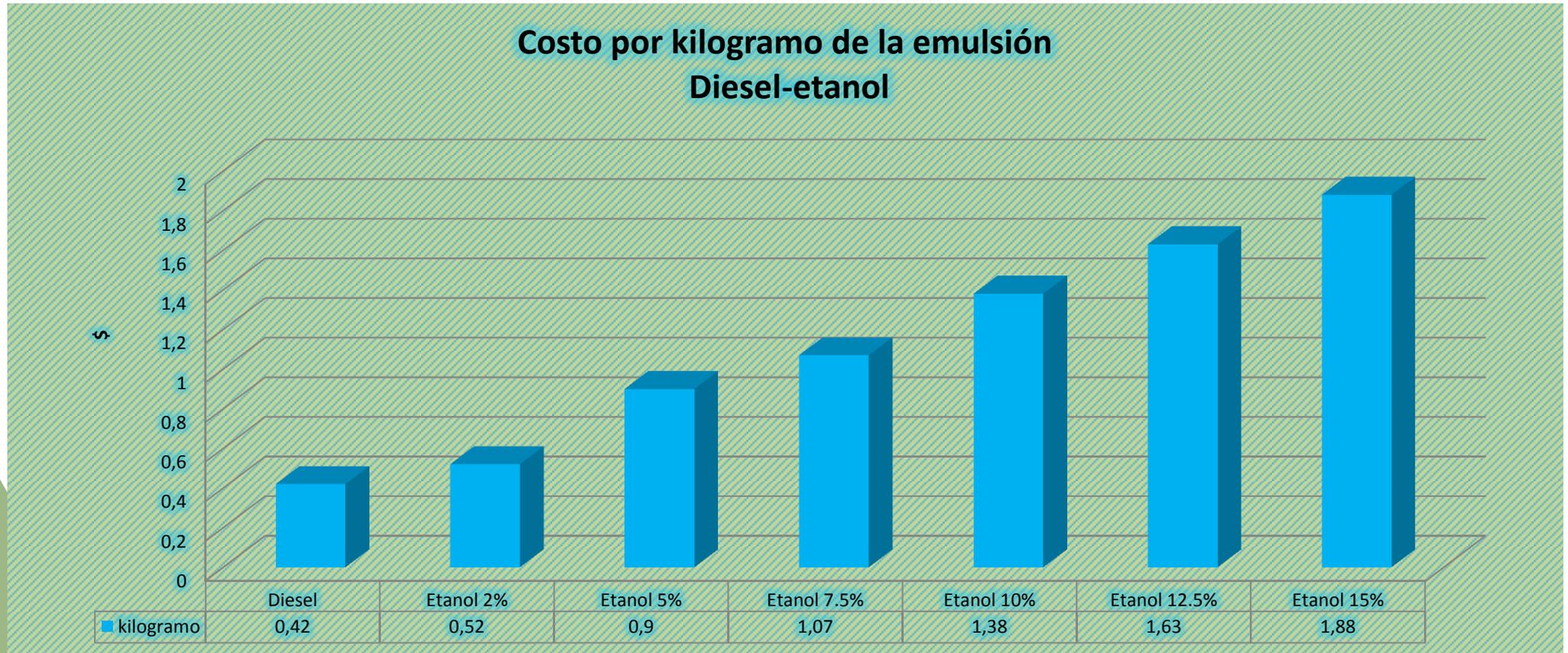


## PARÁMETROS TÉRMICOS-MECÁNICOS





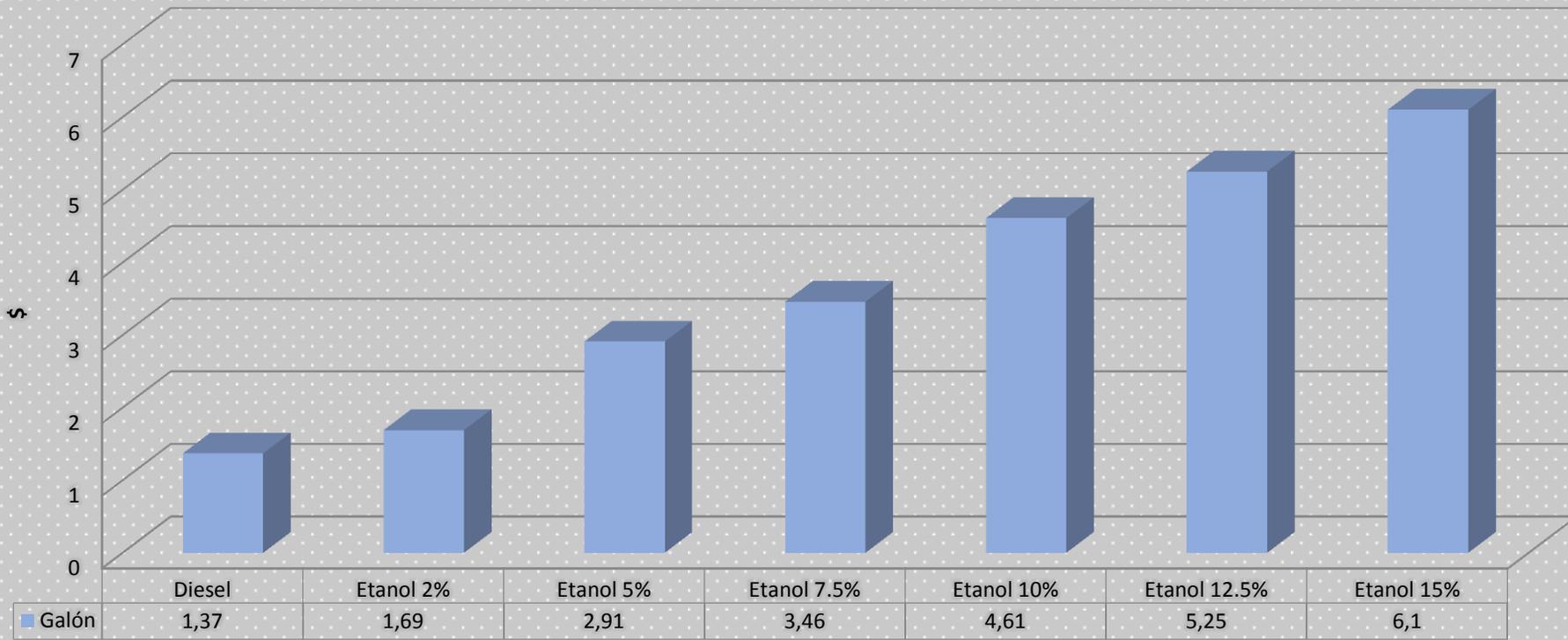
## COSTOS DE ELABORACIÓN





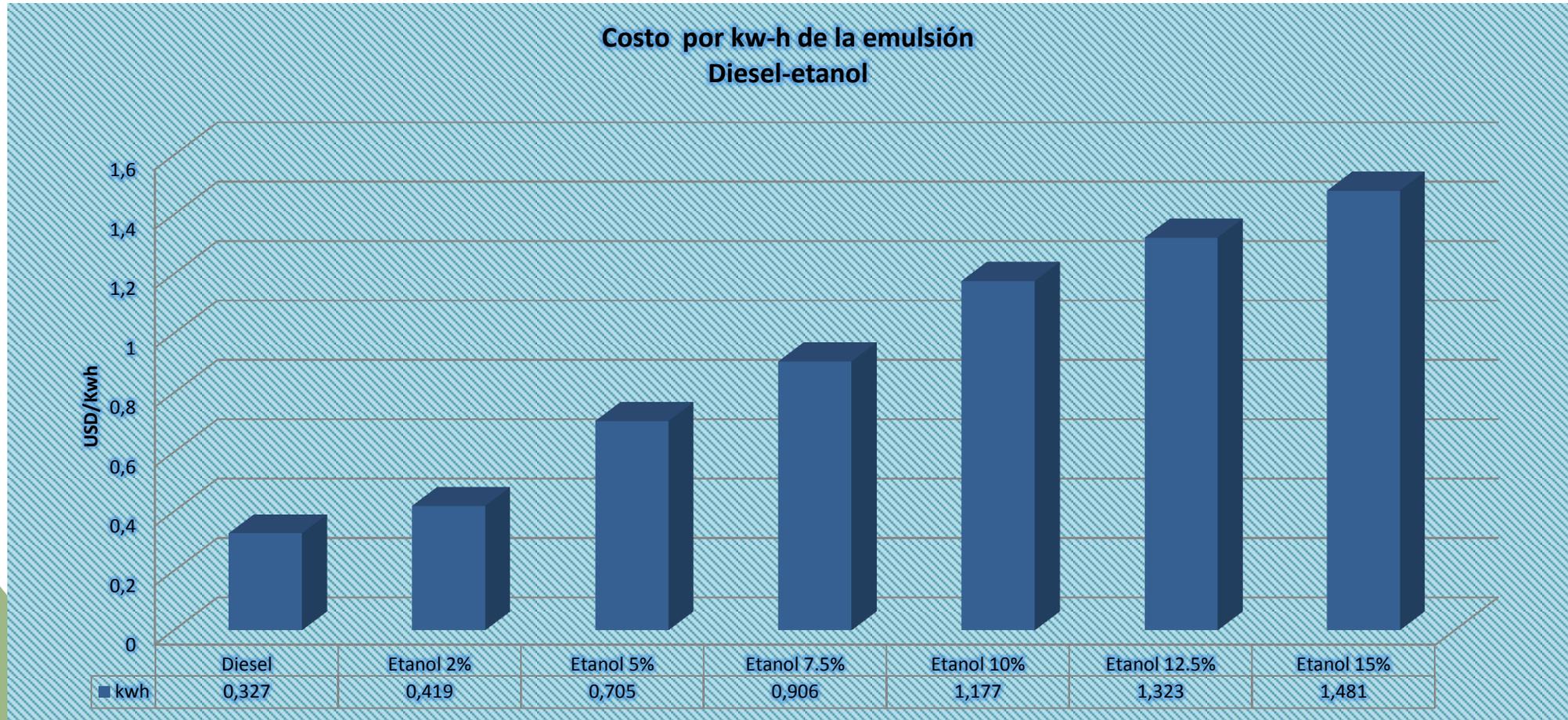
## COSTOS DE ELABORACIÓN

Costo por galón de la emulsión Diesel-etanol





## COSTOS DE ELABORACIÓN





## CONCLUSIONES

- Se obtuvieron resultados del potencial energético de las emulsiones diésel-etanol al 5, 10, 15 y 20 % con la utilización de tensioactivos, mediante equipos especializados y pruebas de laboratorio, se observó que, a medida que aumenta el porcentaje de etanol la densidad Y viscosidad de las emulsiones tiende a disminuir, siendo para la densidad  $843 \text{ g/cm}^3$  para el diésel neto y  $836 \text{ g/cm}^3$  para la emulsión 15%, el, excepto con la viscosidad donde, existe variaciones en los porcentajes de 5% y 12.5% de etanol, para el poder calorífico disminuye hasta la emulsión del 10% de etanol, las dos restantes aumentan en comparación con el diésel neto.
- Los resultados de torque, potencia y opacidad de los gases, en el motor PETTERS AA-1 determinaron que las emulsiones 5% y 10% de etanol, obtienen un valor de 7.16 Nm igual que el diésel neto en su torque a 3100 rpm, para la potencia el diésel 2.02kw y la emulsión 15% de etanol tiene 2.50kw a 2700 rpm y los porcentajes de opacidad tienden a disminuir desde 52.1% para el diésel neto hasta 27.4% para la emulsión 15% de etanol, así se cumple uno de los objetivos de la investigación.





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- Se determinó los costos de la formulación por galón, para comparar con el diésel neto, concluyendo que su precio es influenciado por los costos de los tensioactivos que se utilizaron para la elaboración del aditivo para la estabilización, así también por el precio del etanol químicamente puro 99.5%.
- Con respecto al consumo energético la diferencia entre el diésel neto de 0.327 USD/KW-h y la emulsión 15% de etanol es 1.48 USD/KW-h, el precio supera cinco veces el valor del diésel neto, así económicamente no es viable.
- Se concluye que al formular diésel con etanol no es necesario realizar cambios en el motor ni en los sistemas de funcionamiento, y es beneficioso para el medio ambiente, ya que reduce notoriamente los niveles de opacidad de los gases de escape.





## RECOMENDACIONES

- Realizar las pruebas de rendimiento térmico y mecánico en motores multicilindros, de preferencia en vehículos para obtener mejores valores y compararlo con el diésel comercial.
- Indagar el uso excesivo de los combustibles reformulados con etanol en los elementos mecánicos y sistemas del motor en función de las horas de trabajo.
- Se recomienda continuar con investigaciones basadas en la emulsión diésel-etanol, para determinar el porcentaje máximo que pueda mezclarse y no realizar modificaciones en el motor a diésel.
- Desarrollar proyectos de investigación que promuevan el cuidado del medio ambiente, basándose en la utilización de energías renovables de fácil producción.





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Luchar ante cualquier adversidad, y seguir adelante.”



**GRACIAS**

