



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

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA**  
**AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO Y CONTROL DE EMISIONES DE LA MEZCLA  
COMBUSTIBLE DIÉSEL – SURFACTANTES DEL AGUA EN EL MOTOR MZR-  
D 2.5”**

**AUTORES:       HERNÁN ISRAEL CARRILLO PROAÑO**  
**CRISTIAN PATRICIO TACO DÁVILA**

**ING. GERMÁN ERAZO**  
**DIRECTOR DE TESIS**



# Objetivo General

- Realizar el análisis termográfico de las mezclas combustible diésel – surfactantes del agua y control de emisiones en el motor MZR-D 2.5.



# Objetivos Específicos

Preparar las mezclas diésel – surfactante, con Nonil Fenol, Ácido Oleico, Kolliphor EL, con emulsiones al 5%, 10%, 15% y 20%.

Desarrollar las pruebas termográficas usando diésel puro en el riel de combustible, inyectores, múltiple de escape y catalizador.

Realizar pruebas termográficas con el uso de las mezclas diésel – agua a las proporciones mencionadas en los puntos de influencia del combustible, en el riel de combustible, inyectores, múltiple de escape y catalizador.

Generar las pruebas de emisiones de gases y opacidad con diésel puro y con las emulsiones realizadas.

Determinar la incidencia térmica de las mezclas combustible diésel – surfactantes del agua en el control de emisiones del motor MZR-D 2.5.



# Justificación del Problema

Plan Nacional  
del buen Vivir

Objetivo 11

“ASEGURAR LA SOBERANÍA Y  
EFICIENCIA DE LOS SECTORES  
ESTRATÉGICOS PARA LA  
TRANSFORMACIÓN  
INDUSTRIAL Y TECNOLÓGICA”

artículo  
11.1 literal j

“Generar alternativas, fortalecer la  
planificación e implementar regulación  
al uso energético en el transporte, los  
hogares y las industrias, para modificar  
los patrones de consumo energético, con  
criterios de eficiencia y sustentabilidad”

sugiere

Buscar comburentes  
alternos que tengan  
beneficios ya sea  
económicos, sociales o  
ambientales



NTE INEN 2 207:2002  
(Primera Revisión)



GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE.  
VEHÍCULOS AUTOMOTORES.  
LÍMITES PERMITIDOS DE  
EMISIONES PRODUCIDAS POR  
FUENTES MÓVILES  
TERRESTRES DE DIÉSEL



Parámetros de emisiones  
contaminantes provocados  
por motores de encendido  
por compresión.

Actualización  
tecnológica



Cámara termográfica infrarroja



Diagnóstico y análisis  
térmico de los diferentes  
elementos que están  
involucrados en la  
combustión de un motor  
de encendido por  
compresión.



# METAS

1

- Realizar mezclas diésel – surfactante agua con agentes químicos Nonil Fenol, Ácido Oleico, Kolliphor EL, con emulsiones al 5%, 10%, 15% y 20%.

2

- Efectuar el análisis termográfico de las temperaturas generadas en el riel de combustible, inyectores, múltiple de escape y catalizador del motor MZR – D 2.5 por la cámara termográfica, mediante el uso del Software SmartView.

3

- Generar las pruebas de emisiones de gases y opacidad en el motor MZR – D 2.5 de cada emulsión con agentes tensoactivos a distintas proporciones.

4

- Determinar la incidencia de cada mezcla en el motor mediante las pruebas termográfica generadas y cual favorece más a la vida útil del mismo.



# MOTOR MZR-D 2.5

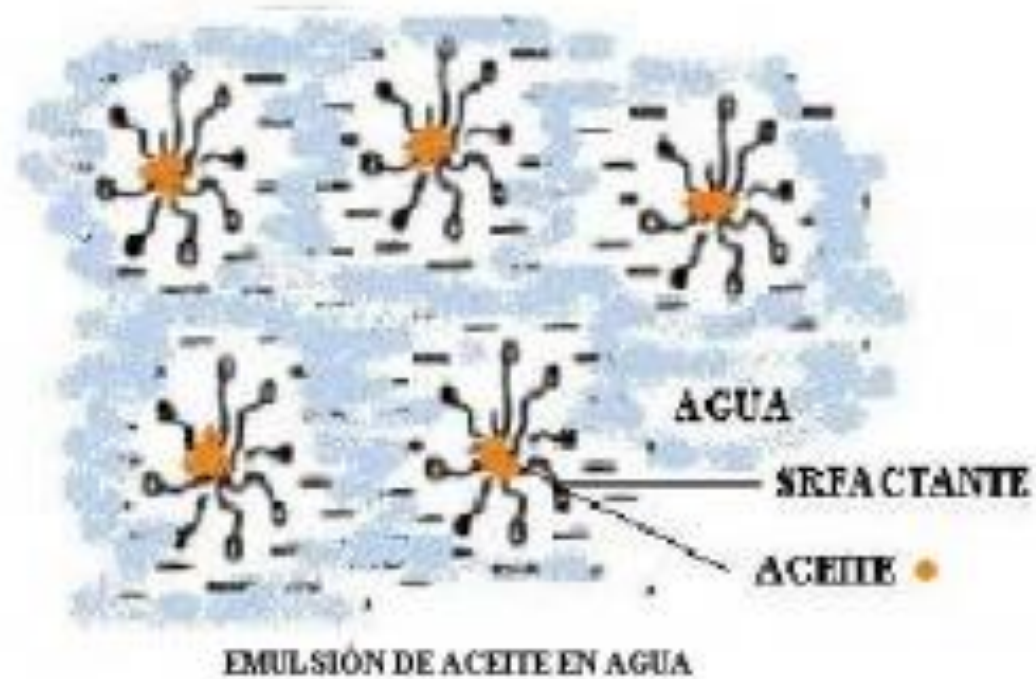
Nuevas características del tren motriz:

- Motor diésel DOHC de 16 válvulas
- Inyección directa common rail
- Estándar de emisión Euro 4, lo que ha permitido reducir el nivel de ruido emitido por el motor



# Surfactantes

(Bernabé, 2007), define: “Los surfactantes son compuestos que se concentran o acumulan en la interface entre dos medios, alterando la tensión superficial. Los surfactantes poseen una constitución molecular típica, esencialmente lineal y asimétrica, con dos zonas, una hidrófoba y otra hidrófila” (p. 32)





# TIPOS DE SURFACTANTES

## Tipos de surfactantes

<b>Aniónico</b>	Compuestos que poseen uno o varios grupos funcionales que se ionizan en solución acuosa, generando iones orgánicos con carga negativa que son los responsables de su actividad superficial. Suelen contener grupos solubles como el sulfato o el sulfonato de sodio.
<b>Catiónico</b>	Compuestos que poseen uno o varios grupos funcionales que se ionizan en solución acuosa, generando iones orgánicos con carga positiva que son los responsables de su actividad superficial. Suelen ser compuestos orgánicos con amonio cuaternario.
<b>No iónico</b>	Compuestos que no se disocian en disolución acuosa. Su solubilidad en medio acuoso se debe a la presencia de grupos funcionales, como el grupo hidroxilo, -OH, capaces de formar puentes de hidrógeno con las moléculas de agua. En esta familia se agrupan los alcoholes grasos etoxilados y los alquil poliglucósidos.
<b>Anfotérico</b>	Poseen una estructura molecular con uno o más grupos funcionales que pueden ionizarse en disolución acuosa confiriendo al compuesto el carácter de tensoactivo aniónico o catiónico, según las condiciones del medio.



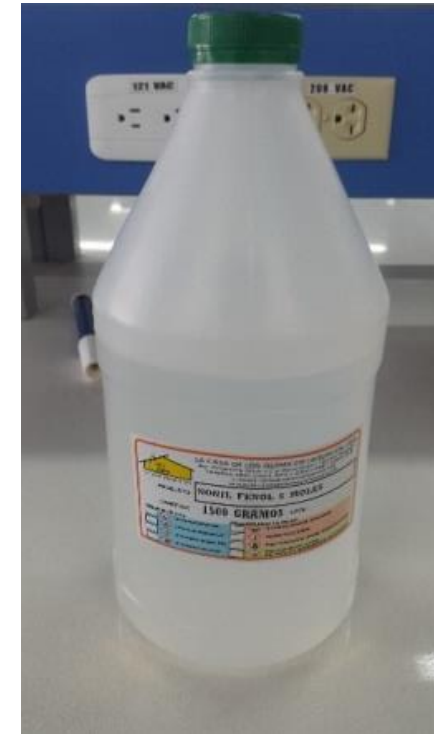
# TENSOACTIVOS PARA LA EMULSIÓN

- Los valores de HLB de los surfactantes permite clasificarlos de acuerdo a su mayor o menor solubilidad, sea en aceite o en agua. Desde luego, es importante mencionar que los emulsificantes con alto grado de HLB son más solubles en agua y son recomendables para una emulsión aceite/agua (O/A) y viceversa, los surfactantes con bajos valores de HLB tienen mayor solubilidad en aceite y por lo tanto, son más efectivos para la preparación de emulsiones agua/aceite (A/O).



# Nonil fenol 6 moles

<b>Nombre comercial</b>	Nonil fenol etoxilado 6 moles
<b>Peso molecular</b>	467- 488 g/mol.
<b>Soluble</b>	Mayoría de disolventes orgánicos, soluble en grasas y aceites, todos grados de nonil fenol presentan gran afinidad para formar emulsiones aceite/agua.
<b>Obtención</b>	Adición de óxido de etileno al nonil fenol.
<b>Olor</b>	Fenólico
<b>Apariencia</b>	Líquido viscoso translucido, amarillo pálido



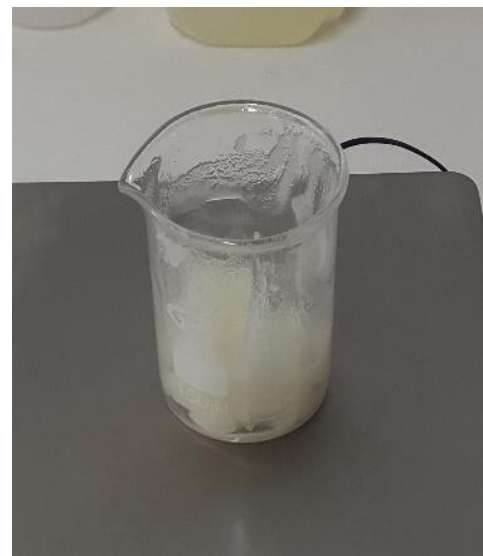
# Ácido oleico

<b>Sinónimo</b>	Ácido 9-Octadecanóico
<b>Usos</b>	Preparaciones farmacéuticas como solvente; jabones suaves y otros oleatos, en compuestos de pulidores, textiles resistentes al agua, para espesar aceites lubricantes, en lana grasosa.
<b>Aspecto</b>	Líquido aceitoso
<b>Olor</b>	Característico
<b>Solubilidad</b>	Miscible en alcohol, éter dietílico, cloroformo, benceno, aceites fijos y volátiles, casi insoluble en agua
<b>Obtención</b>	Por la hidrólisis de varias grasas y aceites de animales y vegetales (sobre todo aceite de oliva).



# Kolliphor EL

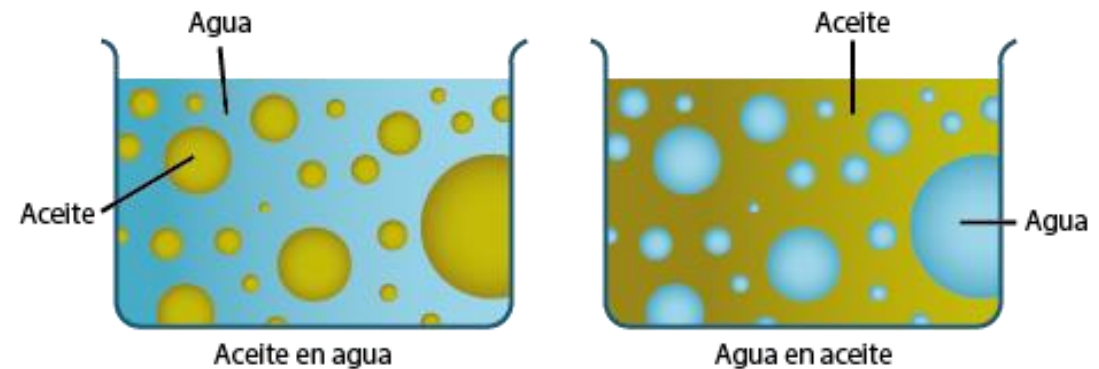
<b>Nombre químico</b>	Aceite de ricino Polyoxyl
<b>Nombre comercial anterior</b>	Cremphor® EL
<b>Naturaleza química</b>	Kolliphor® EL es un solubilizante no iónico y emulsionante fabricado al hacer reaccionar aceite de ricino con óxido de etileno en una relación molar de 1: 35.
<b>Composición</b>	El principal componente de Kolliphor® EL es el glicerol polietilenglicol ricinoleato. Junto con los ésteres de ácidos grasos de polietilenglicol, esto forma la parte hidrófoba del producto.
<b>Descripción</b>	Kolliphor® EL es un líquido aceitoso de color amarillo pálido que es transparente a temperaturas superiores a 26 ° C. Tiene un olor débil pero característico.
<b>Solubilidad</b>	Kolliphor® EL forma soluciones claras en agua. También es soluble en muchos disolventes orgánicos, p. alcohol etílico, alcohol n-propílico, alcohol isopropílico, acetato de etilo, cloroformo, tetracloruro de carbono, tricloroetileno, tolueno y xileno. En contraste con los agentes emulsionantes aniónicos.



# EMULSIONES

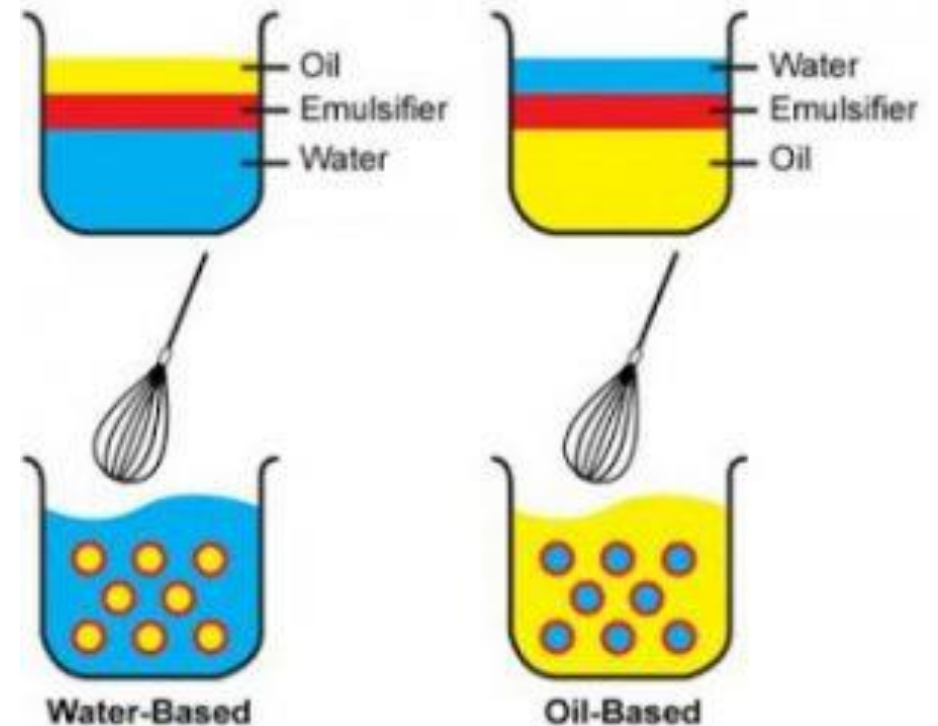
Según (Romo, 1993) una emulsión es una mezcla de dos líquidos inmiscibles de manera que busca que sea lo más homogénea posible. Un líquido es dispersado en otro. Muchas emulsiones son de aceite/agua, con grasas alimenticias como uno de los tipos más comunes de aceites encontrados en la vida diaria. Existen dos tipos emulsiones:

- Emulsiones simples
- Emulsiones dobles



# Emulsiones simples

(Castañeta, 2011) menciona que las emulsiones simples directa e inversa, se agrupan en una sola, debido al paso por una inversión de fases de un caso al otro. En el caso O/A, normalmente, se introduce la fase oleosa (donde se encuentra la sustancia liposoluble) en un recipiente que contiene la fase acuosa, la cual es agitada.



# TERMOGRAFÍA

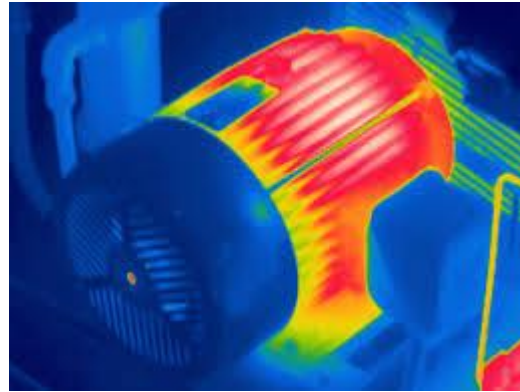
(Prada ,2016) define que la termografía es una moderna tecnología que utiliza cámaras que miden y toman imágenes de la radiación infrarroja emitida por los cuerpos sin necesidad de que haya luz visible. Como esta radiación es función de la temperatura de la superficie del cuerpo, la cámara permite el cálculo y visualización de dicha temperatura.



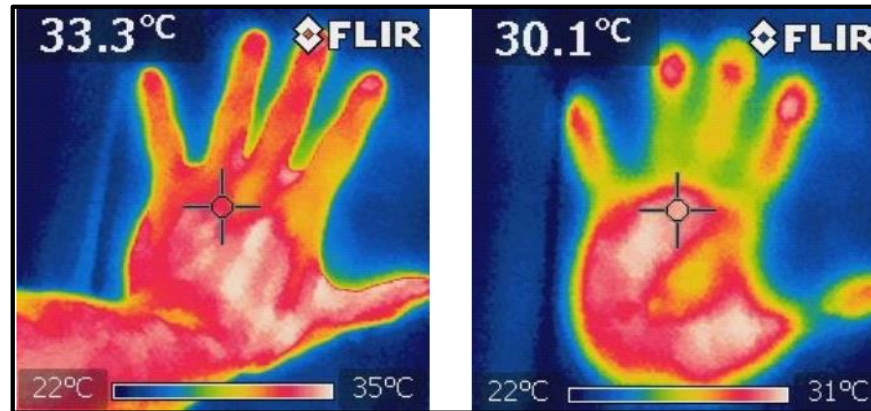


# Principios de la termografía

- Radiación infrarroja

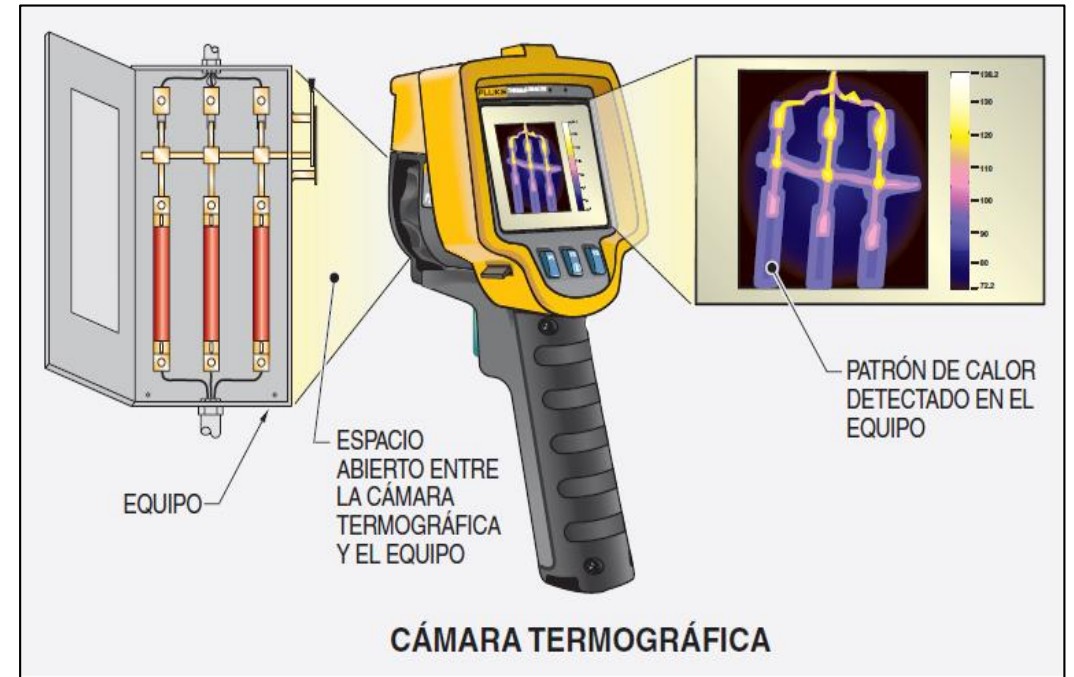


- Transmisión de calor



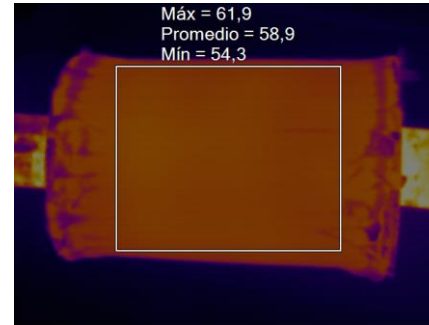
# Cámara termográfica

La cámara térmica pueden detectar energía infrarroja que todas las personas y objetos emiten, las cuales se pueden capturar o grabar. Se muestra una imagen térmica con un gradiente térmico que son generados por impulsos eléctricos convertidos al medir la energía térmica

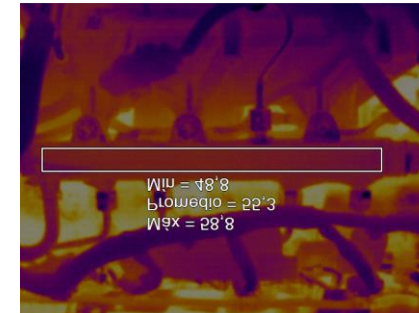


# Mediciones termográficas

El objeto medido debe abarcar todo el campo de visión de la cámara



El objeto debe estar ubicado en un ángulo correcto en relación a la cámara, de preferencia frente a ésta.



Se debe conocer la radiación térmica proveniente de los alrededores del objeto y que es reflejada por el mismo para esto es recomendable luminosidad baja.

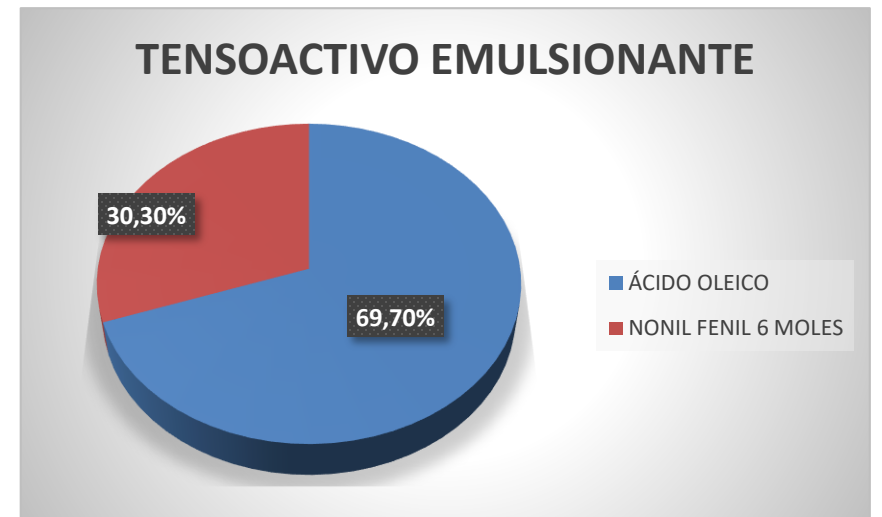


# Formulación de tensoactivos emulsionantes

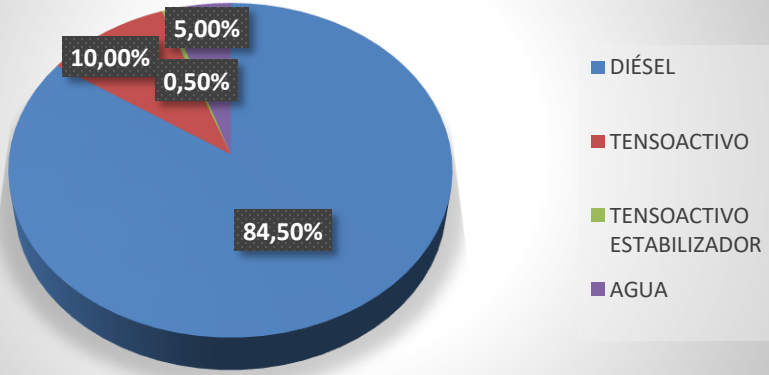
La formulación de las emulsiones se las realizó por el método BHL, y pruebas de ensayo y error, se utilizó el triángulo de Gibb's para determinar los puntos de estabilización del sistemas ternario de diésel, agua y surfactante

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

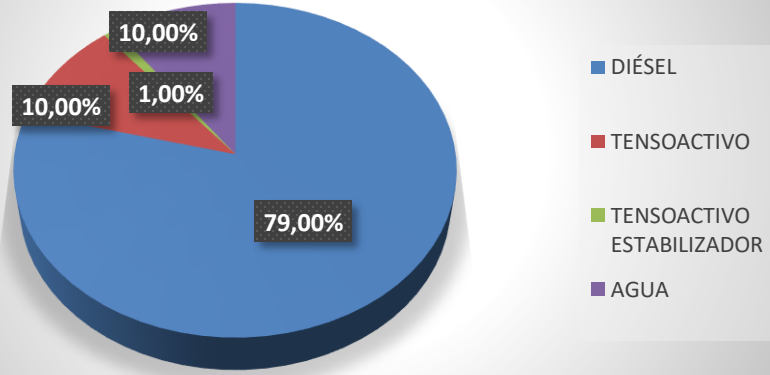
$$100\% = \%_A + \%_B$$



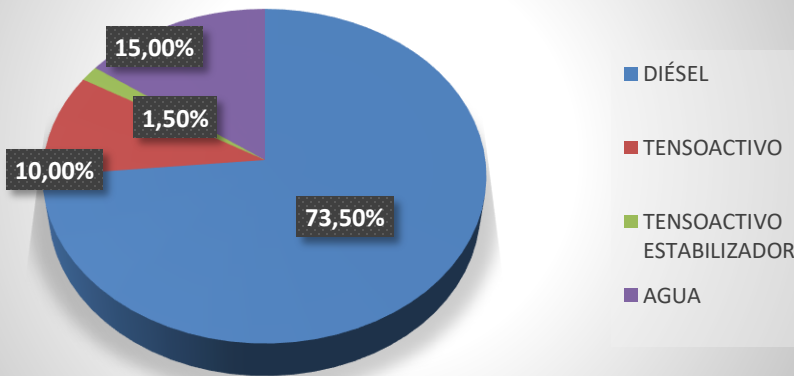
### EMULSIÓN 5% AGUA



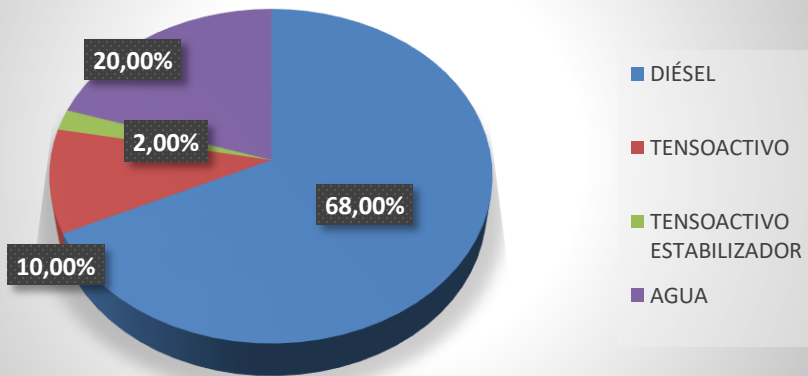
### EMULSIÓN 10% AGUA



### EMULSIÓN 15% AGUA



### EMULSIÓN 20% AGUA



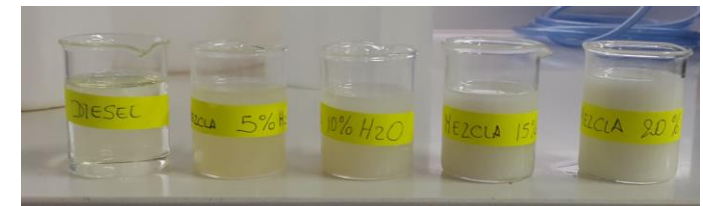
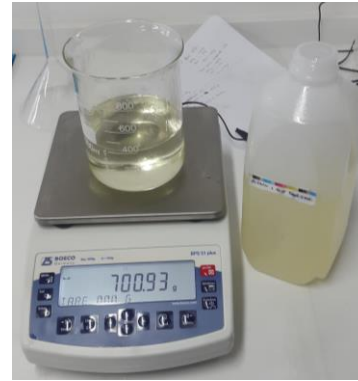
# Formulación de emulsiones

Diésel comercial

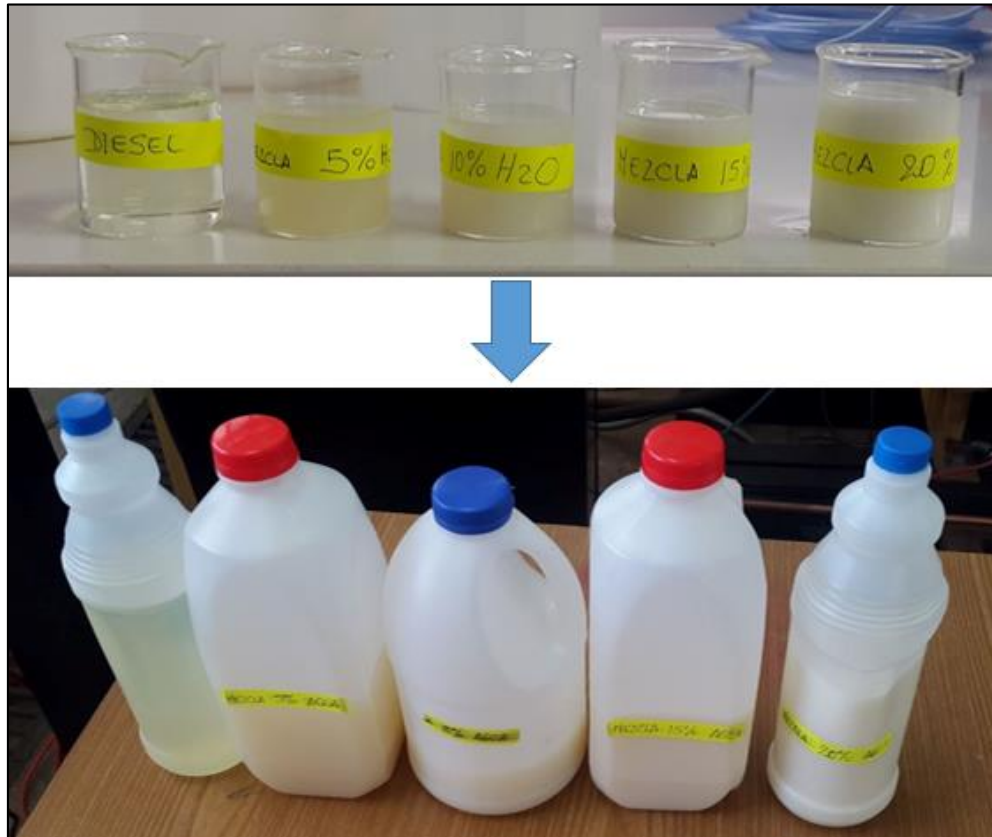
Agua

Surfactantes emulsionantes

Surfactante estabilizador



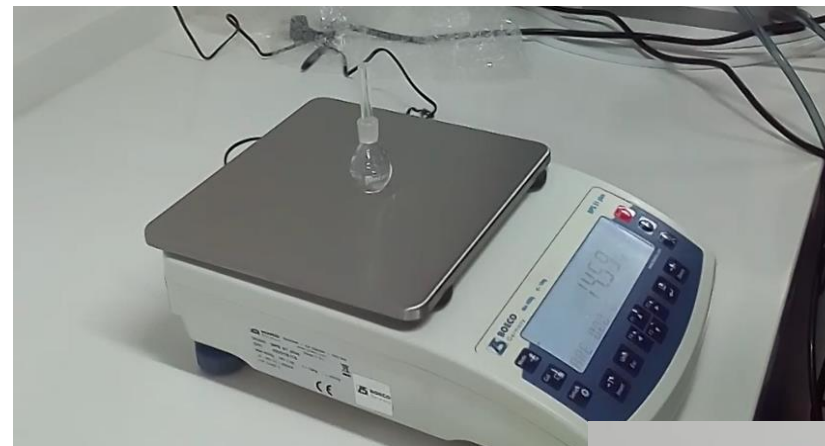
# Muestras de emulsiones



Muestra	Estabilidad observada (semanas)	Temperatura de estabilidad (cualitativa)	Apariencia (cualitativo)
Diésel	4	Ambiente	Translúcida
Diésel 5% H <sub>2</sub> O	4	Ambiente	Translúcida-lechoso
Diésel 10% H <sub>2</sub> O	4	Ambiente	Lechoso
Diésel 15% H <sub>2</sub> O	4	Ambiente	Lechoso
Diésel 20% H <sub>2</sub> O	4	Ambiente	Lechoso

# Equipos de pruebas de las emulsiones

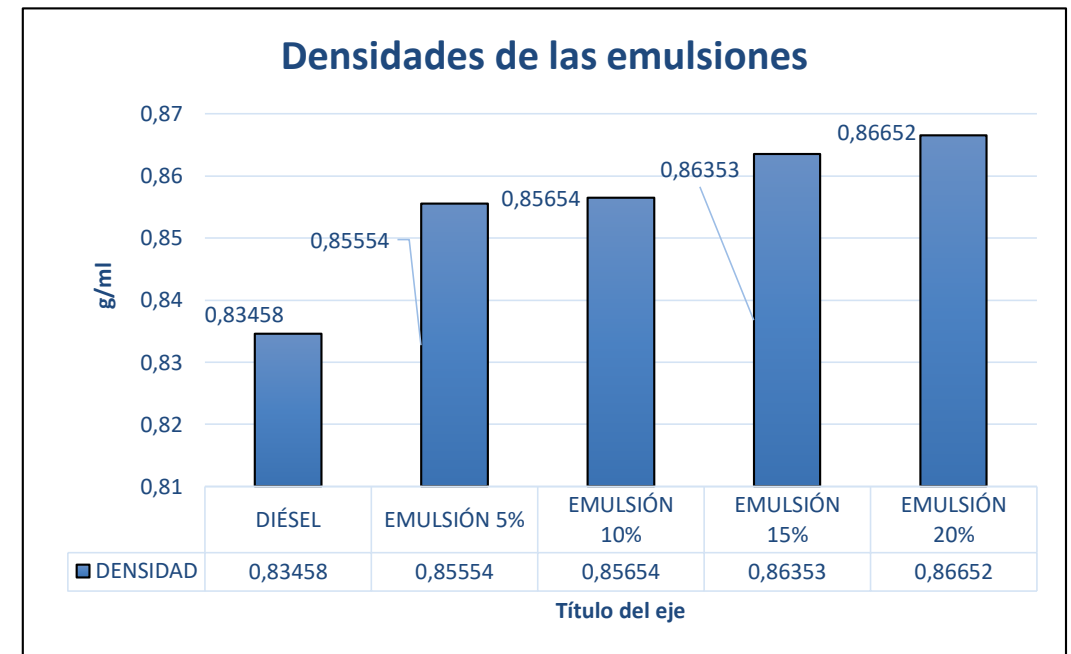
- Balanza electrónica Boeco BPS 51 Plus
- Picnómetro
- Viscosímetro Cannon - Fenske
- Calorímetro Adiabático





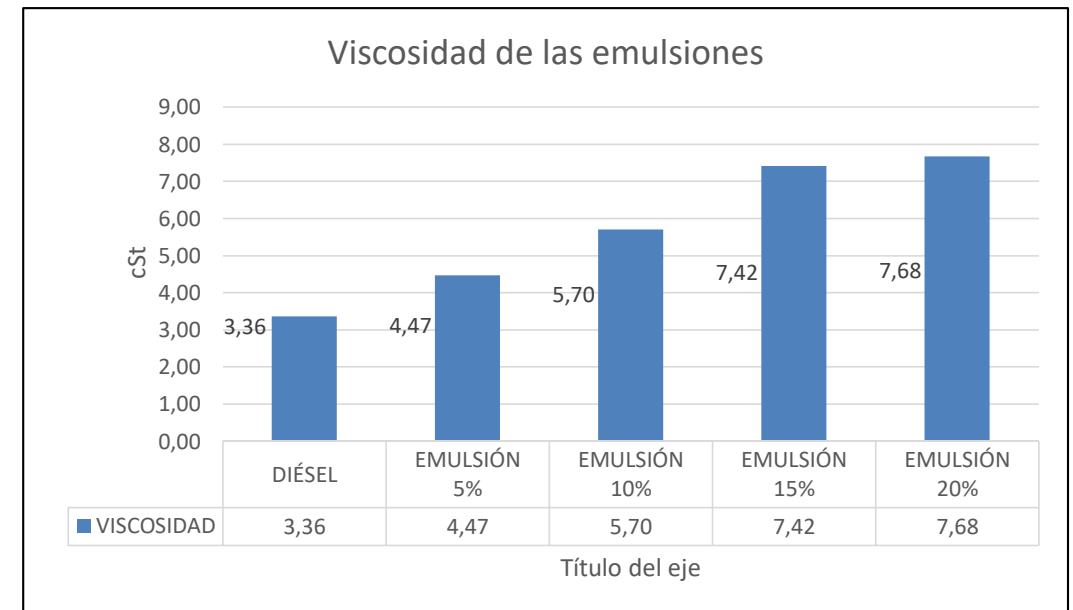
# Resultados de pruebas densidades

DENSIDADES			
COMBUSTIBLE	MASA (gr)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (gr/ml)
DIÉSEL	8,36	10,017	0,83458
EMULSIÓN 5%	8,57	10,017	0,85554
EMULSIÓN 10%	8,58	10,017	0,85654
EMULSIÓN 15%	8,65	10,017	0,86353
EMULSIÓN 20%	8,68	10,017	0,86652



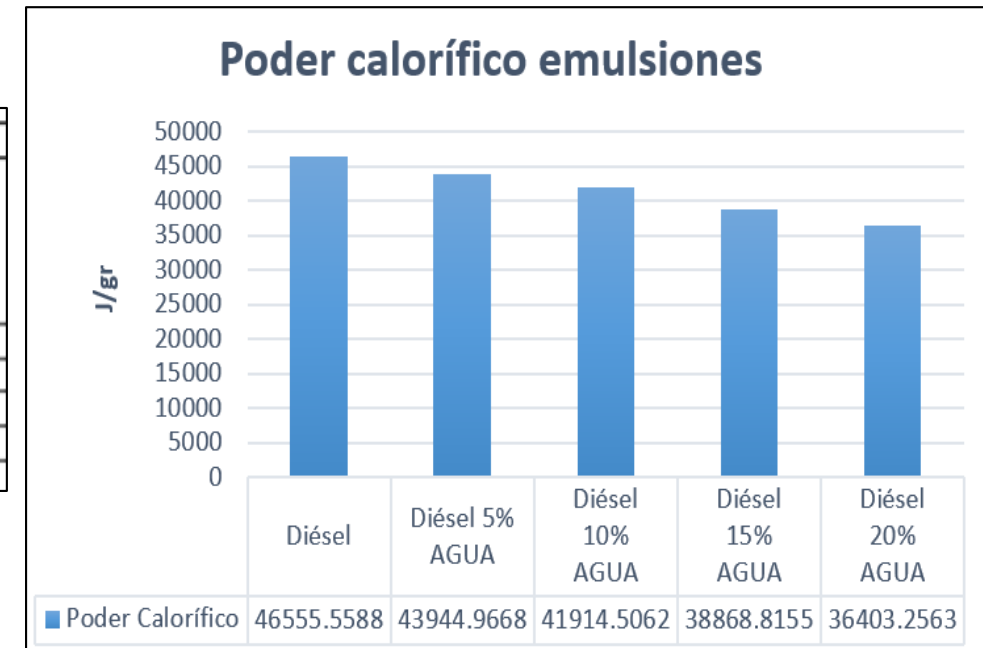
# Resultados de las pruebas de viscosidad

DENSIDADES			
COMBUSTIBLE	CONSTANTE (mm <sup>2</sup> /seg <sup>2</sup> )	TIEMPO (seg)	VISCOSIDAD (cSt)
DIÉSEL	0,015	224	3,36
EMULSIÓN 5%	0,015	298	4,47
EMULSIÓN 10%	0,015	380	5,70
EMULSIÓN 15%	0,015	495	7,42
EMULSIÓN 20%	0,015	534	7,68



# Resultados de pruebas de poder calorífico

PODER CALORIFICO DIESEL Y EMULSIONES						
COMBUSTIBLE	VALOR CALORÍFICO ÁCIDO BENZOICO (J/gr)	TEMPERATURA INICIAL (°C)	TEMPERATURA FINAL (°C)	MASA DEL COMBUSTIBLE (gr)	CAPACIDAD CALORÍFICA DEL APARATO J/°C	PODER CALORÍFICO (J/gr)
DIÉSEL	26454	21	24,21	0,80	11602,6315	46555,5588
EMULSIÓN 5% AGUA	26454	21	24,03	0,80	11602,6315	43944,9668
EMULSIÓN 10% AGUA	26454	21	23,89	0,80	11602,6315	41914,5062
EMULSIÓN 15% AGUA	26454	21	23,68	0,80	11602,6315	38868,8155
EMULSIÓN 20% AGUA	26454	21	23.28	0,80	11602,6315	36403,2563



# Prueba de emisiones de gases

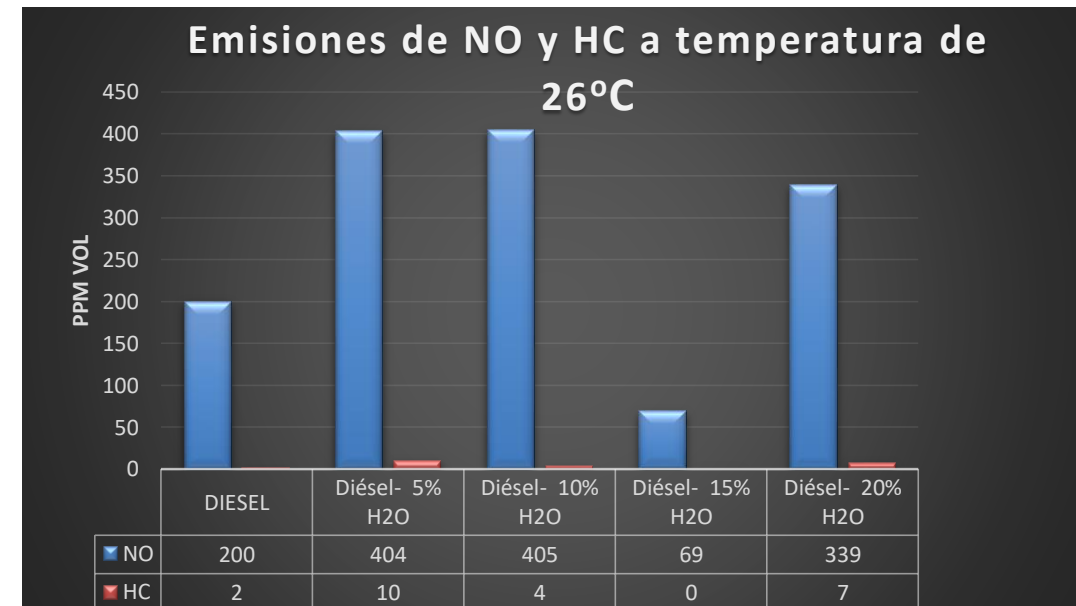
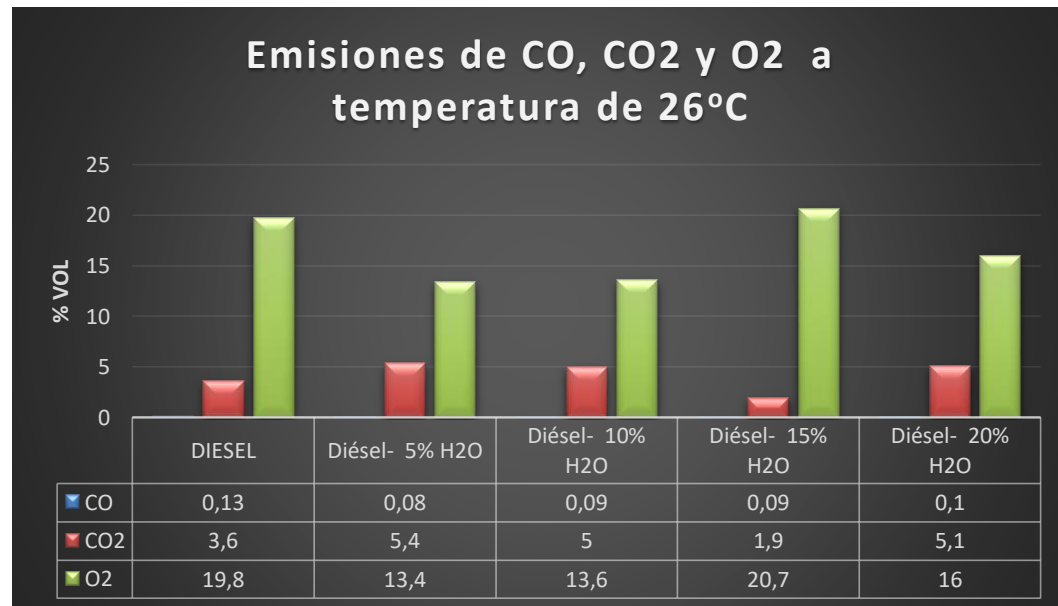
Se utilizo el analizador Brain Bee AGS-688 el cual emite un informe de los todos los valores de gases.

Las pruebas se realizaron con el test continuo.



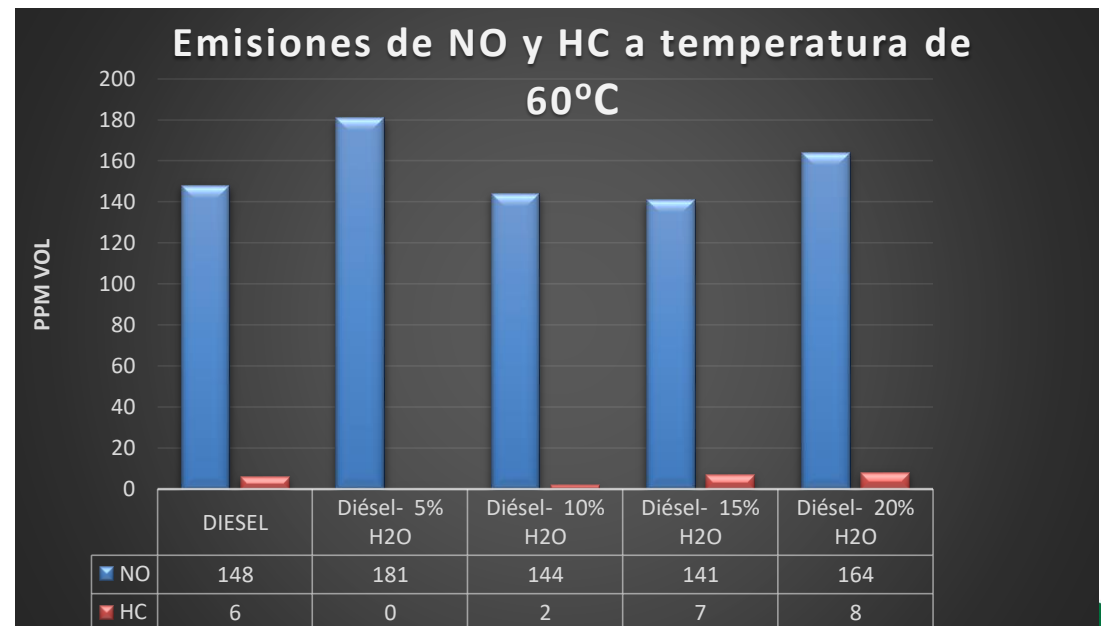
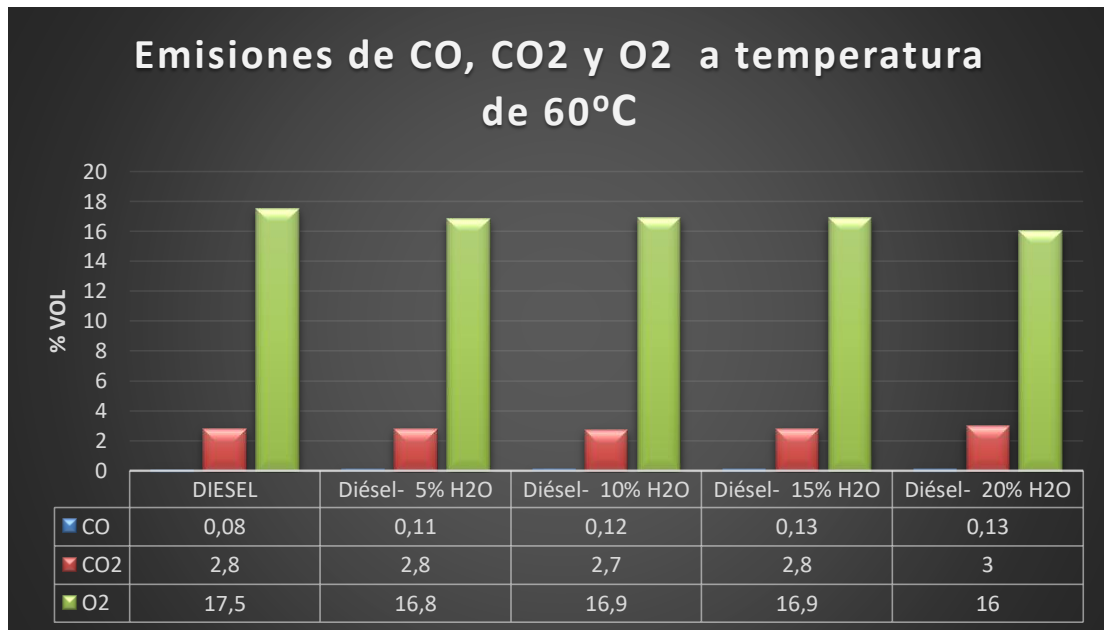
# Emisiones a 26°

Emisiones	Diésel	Emulsión 5%	Emulsión 10%	Emulsión 15%	Emulsión 20%
CO (% Vol)	0.13	0.08	0.09	0.09	0.10
CO <sub>2</sub> (% Vol)	3.6	5.4	5.0	1.9	5.1
HC(ppm Vol)	2	10	4	0	7
O <sub>2</sub> (% Vol)	19.8	13.4	13.6	20.7	16
NO(ppm Vol)	200	404	405	69	339



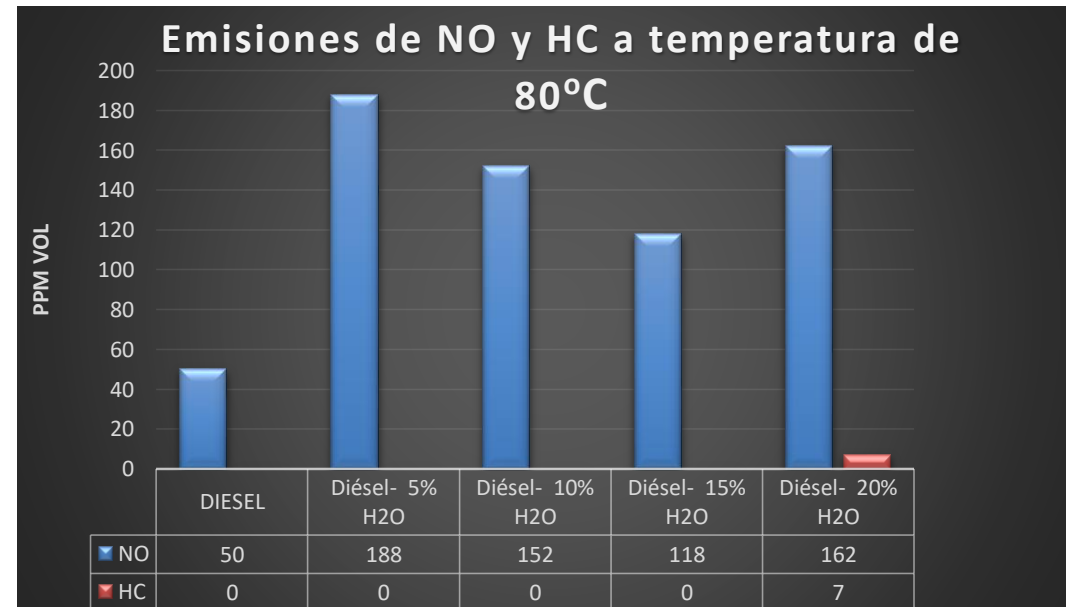
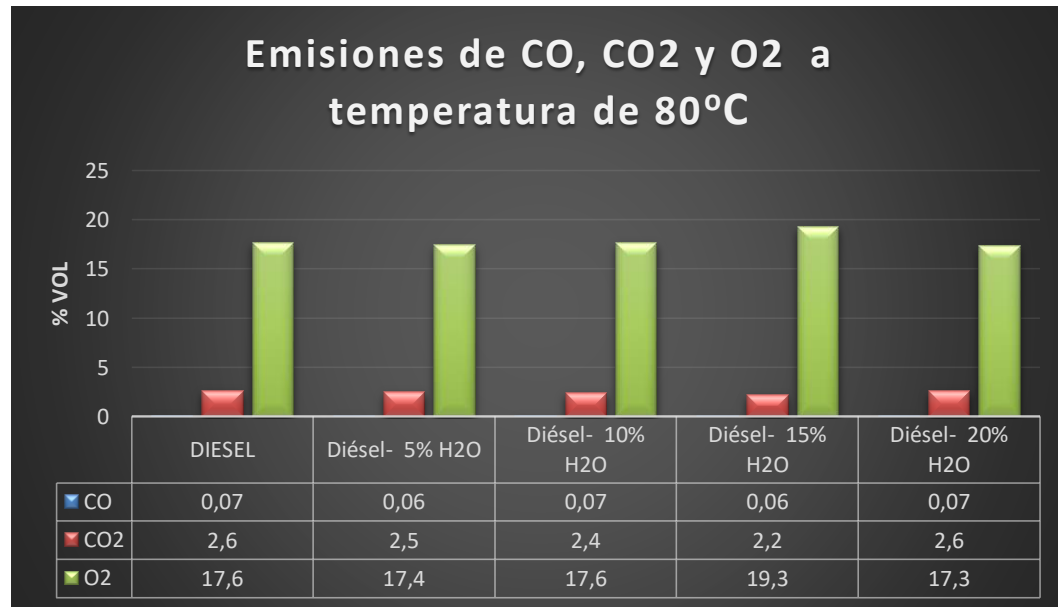
# Emisiones a 60°

Emisiones	Diésel	Emulsión 5%	Emulsión 10%	Emulsión 15%	Emulsión 20%
CO (% Vol)	0.08	0.11	0.12	0.13	0.13
CO <sub>2</sub> (% Vol)	2.8	2.8	2.7	2.8	3.0
HC (ppm Vol)	6	0	2	7	8
O <sub>2</sub> (% Vol)	17.5	16.8	16.9	16.9	16.5
NO (ppm Vol)	148	181	144	141	164



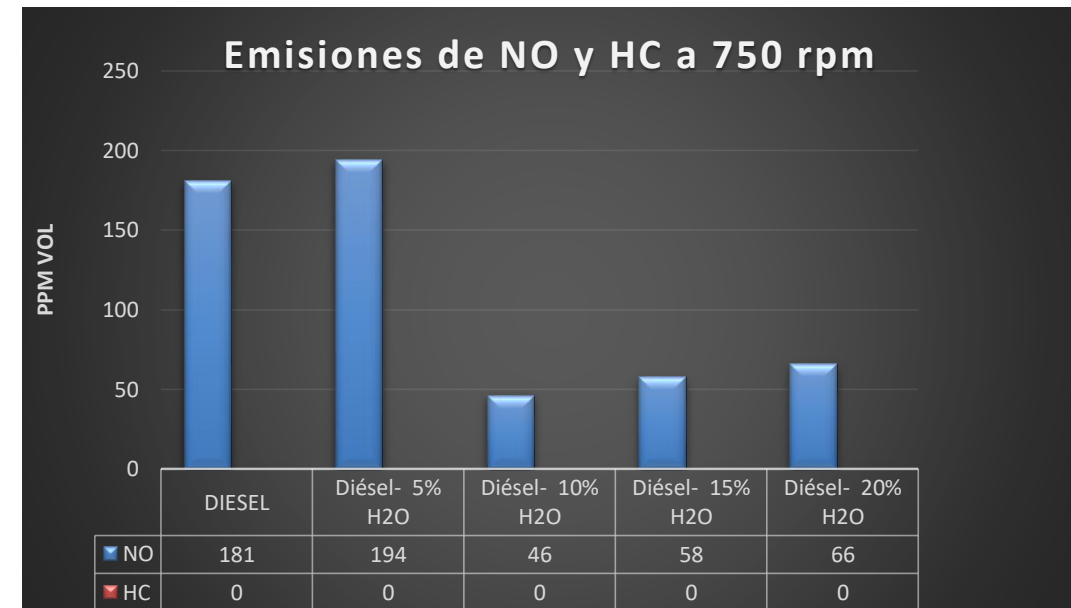
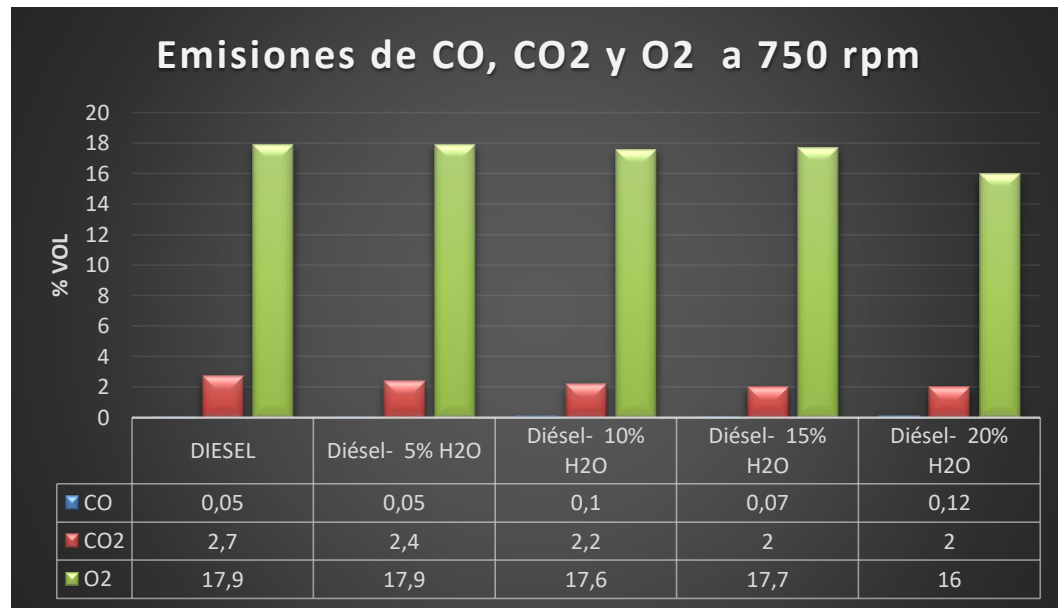
# Emisiones a 80°

Emisiones	Diésel	Emulsión 5%	Emulsión 10%	Emulsión 15%	Emulsión 20%
CO (% Vol)	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07
CO <sub>2</sub> (% Vol)	2.6	2.5	2.4	2.2	2.6
HC (ppm Vol)	0	0	0	0	1
O <sub>2</sub> (% Vol)	17.6	17.4	17.6	19.3	17.3
NO (ppm Vol)	58	188	152	118	162



# Emisiones a 750 rpm

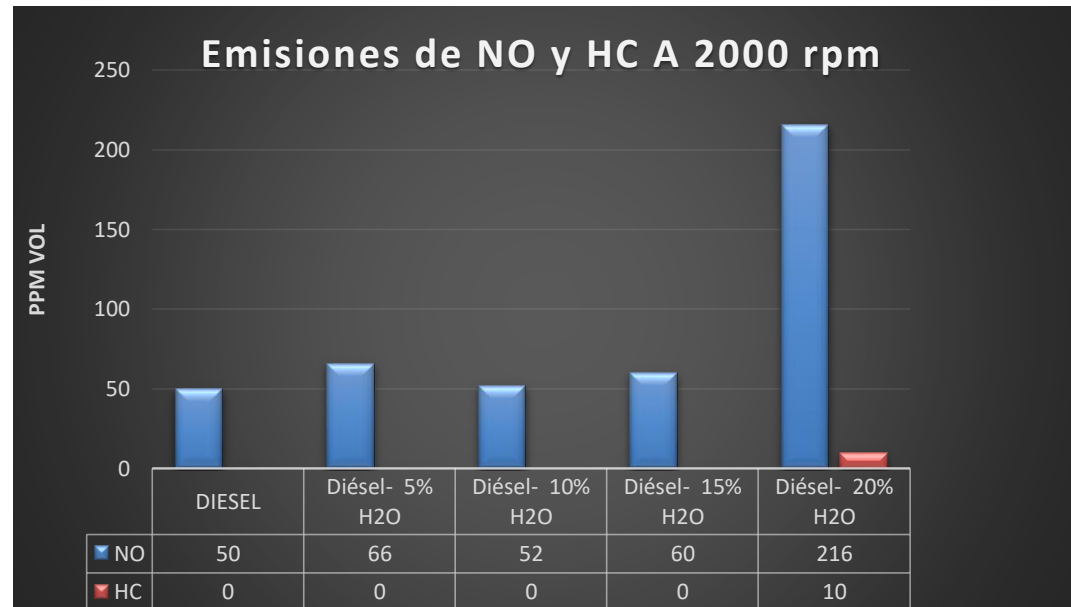
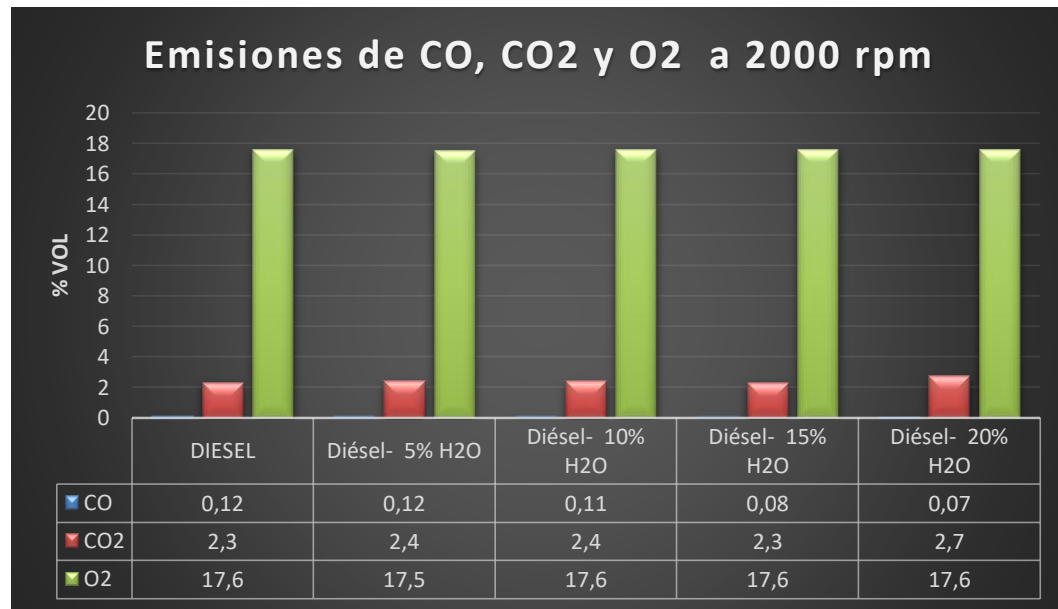
Emisiones	Diésel	Emulsión 5%	Emulsión 10%	Emulsión 15%	Emulsión 20%
CO (% Vol)	0.05	0.05	0.10	0.07	0.12
CO <sub>2</sub> (% Vol)	2.7	2.4	2.2	2.0	2.0
HC (ppm Vol)	0	0	0	0	0
O <sub>2</sub> (% Vol)	17.9	17.9	17.6	17.7	17.2
NO (ppm Vol)	181	194	46	58	66





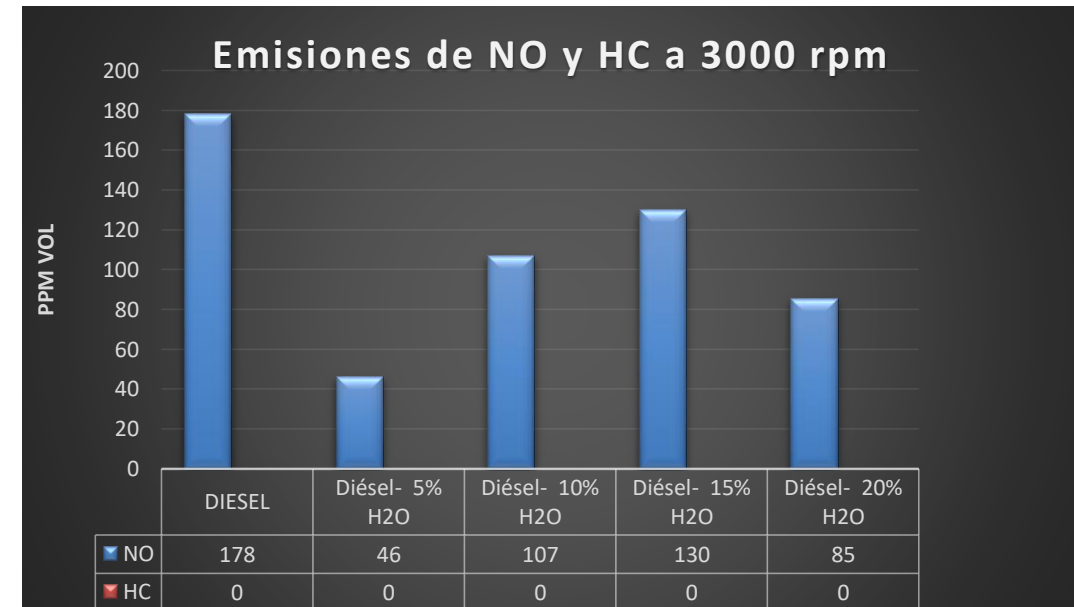
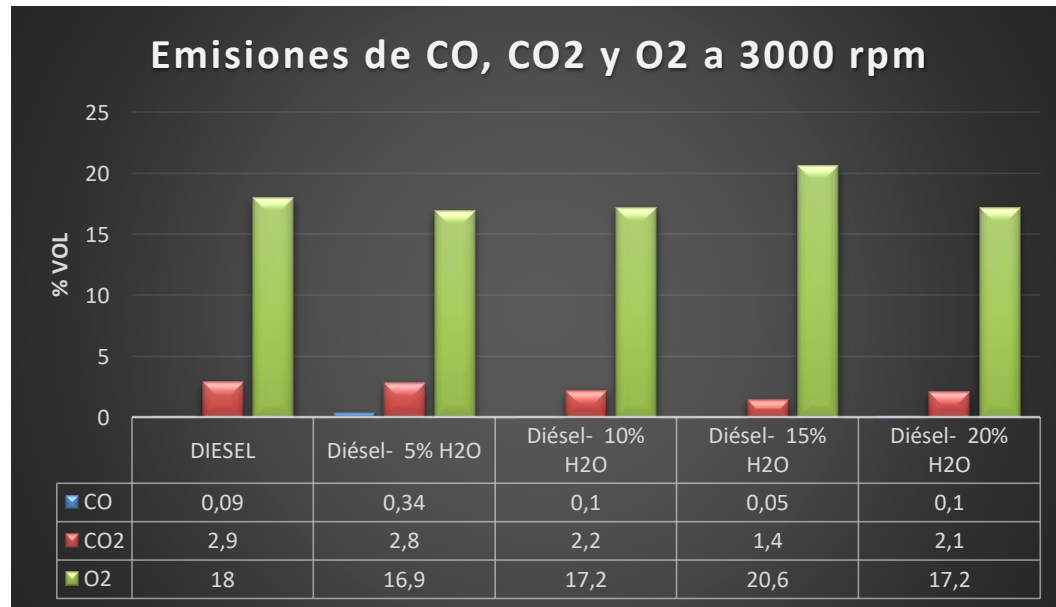
# Emisiones a 2000 rpm

Emisiones	Diésel	Emulsión 5%	Emulsión 10%	Emulsión 15%	Emulsión 20%
CO (% Vol)	0.12	0.12	0.11	0.08	0.07
CO <sub>2</sub> (% Vol)	2.3	2.4	2.4	2.3	2.7
HC (ppm Vol)	0	0	0	0	10
O <sub>2</sub> (% Vol)	17.6	17.5	17.6	17.6	17.6
NO (ppm Vol)	50	66	52	60	216



# Emisiones a 3000 rpm

Emisiones	Diésel	Emulsión 5%	Emulsión 10%	Emulsión 15%	Emulsión 20%
CO (% Vol)	0.09	0.34	0.10	0.05	0.10
CO <sub>2</sub> (% Vol)	2.9	2.8	2.2	1.4	2.1
HC (ppm Vol)	0	18	0	0	0
O <sub>2</sub> (% Vol)	18.0	16.9	17.2	20.6	17.2
NO (ppm Vol)	178	46	107	130	85

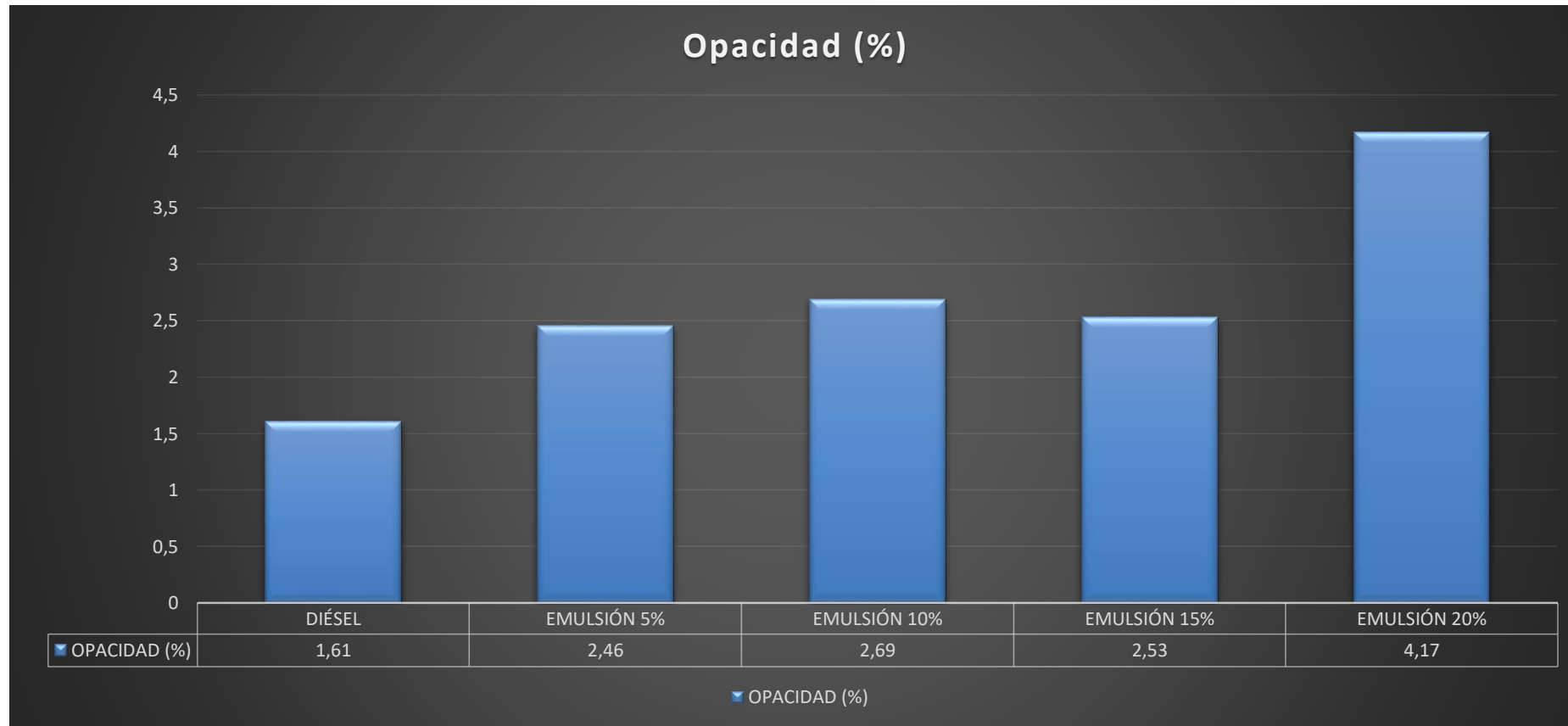


# Pruebas de opacidad

- Se utiliza el opacímetro Cartek
- Cada prueba emite un informe del porcentaje de opacidad.



# Pruebas de opacidad



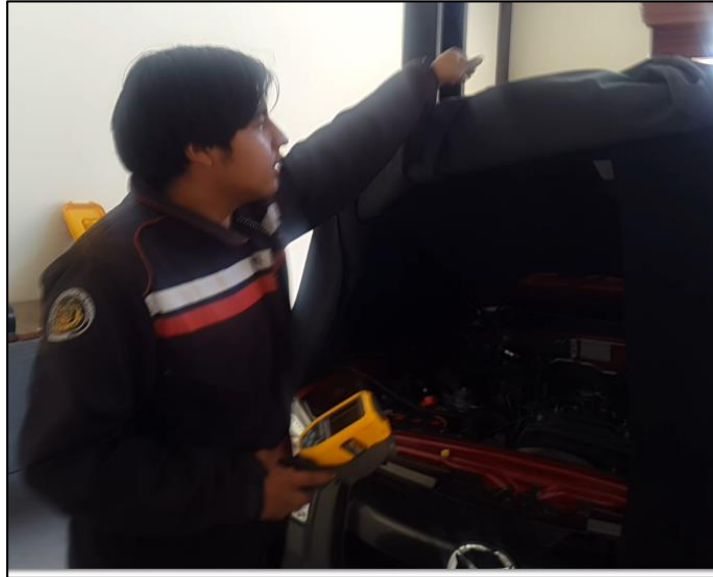
# Cámara Termográfica

- Las pruebas termográficas muestra el comportamiento térmico de un material respecto a la temperatura mediante imágenes, para lo cual se utiliza la cámara FLUKE Tis60



# Procedimiento





SmartView - <sin nombre>

Fichero Editar Ver Informe Herramientas Ventana Ayuda

IR\_00682

39,5 °

61,4

88,0

560,0 °C

Paleta  
Colores: Acero

UltraContrast™

Saturación: Ninguno

Alarma de color: Desactivado

Rango:

Color isotérmico

Exibir marcadores

- Punto central
- Cuadro central
- Punto más caliente
- Punto más frío

Eliminar todos los marcadores

Emisividad: 0,95

Temperatura de fondo: 22,0 °C

Transmisión: 100 %

100 % Ventana %

0 % RH %

1 m Distancia (m)

Ajuste automático de Nivel y Rango

Gravedad

Imagen dentro de imagen

39,5 °

Máx = 85,1  
Promedio = 63,5  
Min = 44,1

61,4

88,0

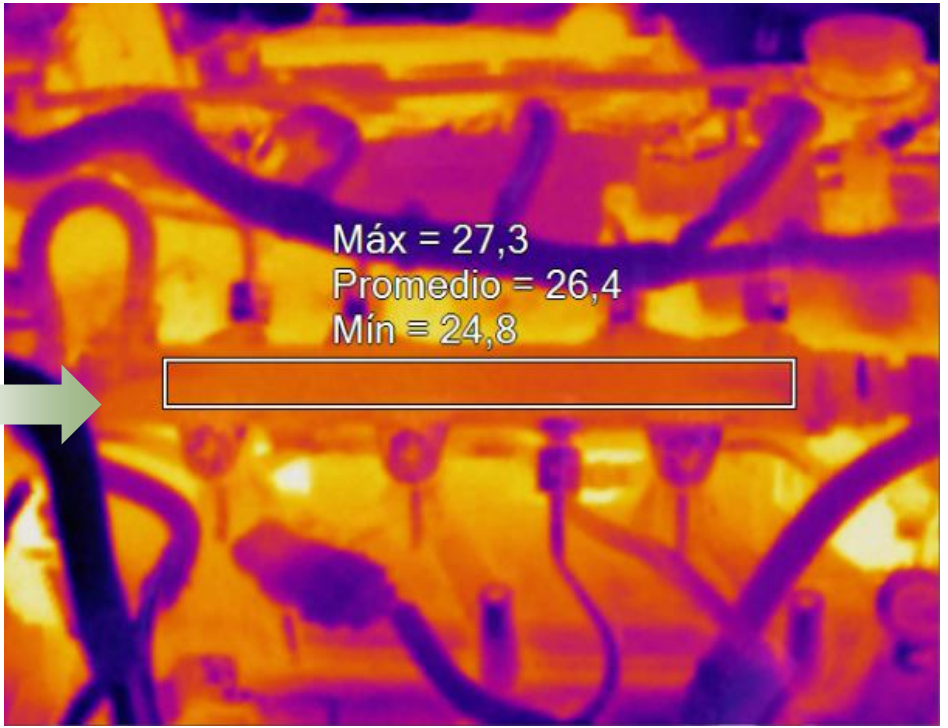
86,2  
80  
75  
70  
65  
60  
55  
50  
45  
38,7 °C

Infrarrojo completo Nivel de mezcla Visible completo

Información de la imagen | Datos del marcador | Gráfico | IR-PhotoNotes™

Ubicación del...	C:\Users\Cristian\Documents\FOTOS TERM...
Hora de la im...	19/1/2018 6:52:49
Emisividad	0,95
Temperatura ...	22,0 °C
Transmisión	100%
Rango de la i...	39,5 °C a 89,0 °C
Temperatura ...	61,1 °C
Gravedad	
Modelo de cá...	TiS60
Tamaño de s...	260 x 195
Fabricante	Fluke Thermography
Rango de cal...	-20,0 °C a 550,0 °C
Número de s...	TiS60-17030620

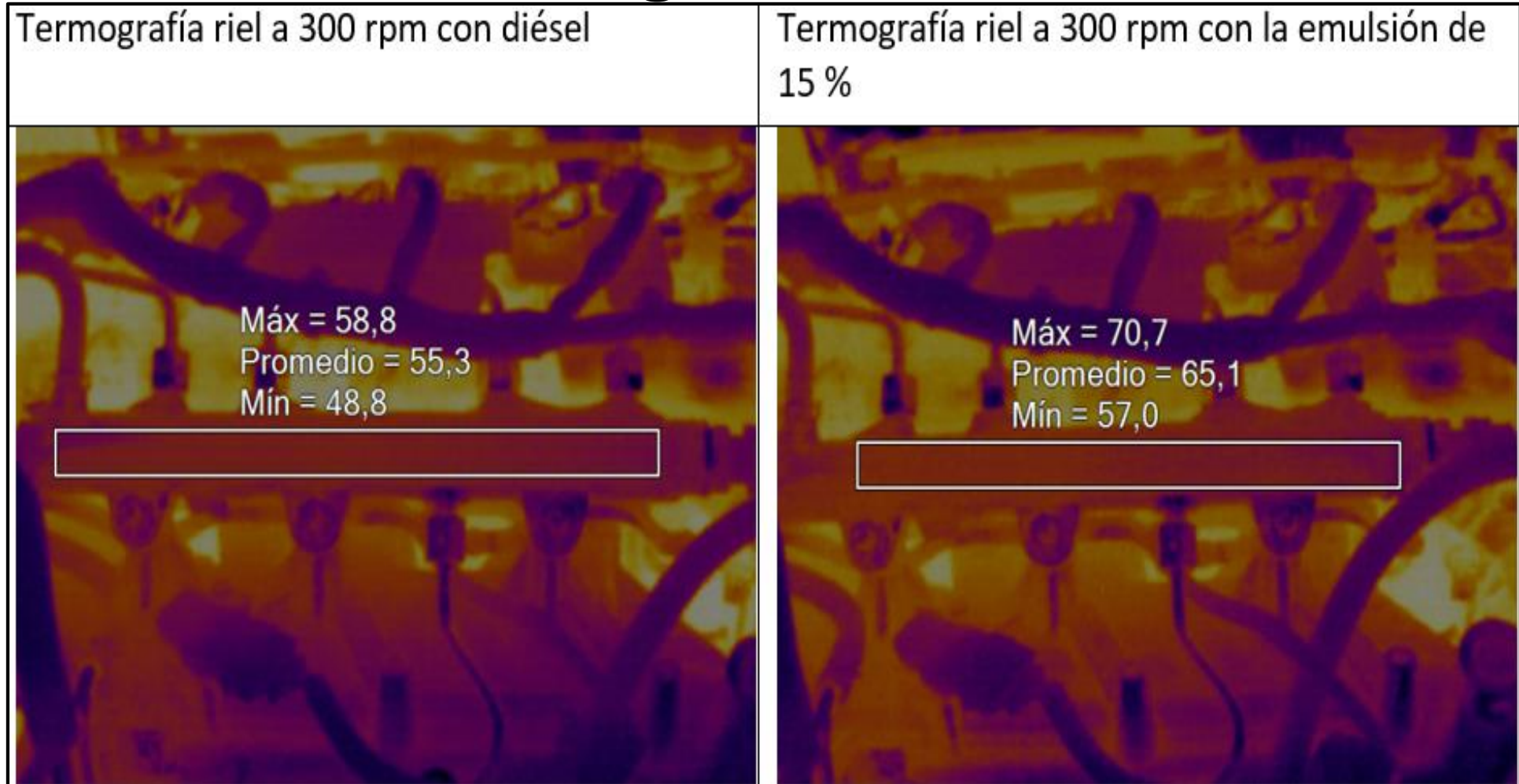
Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda



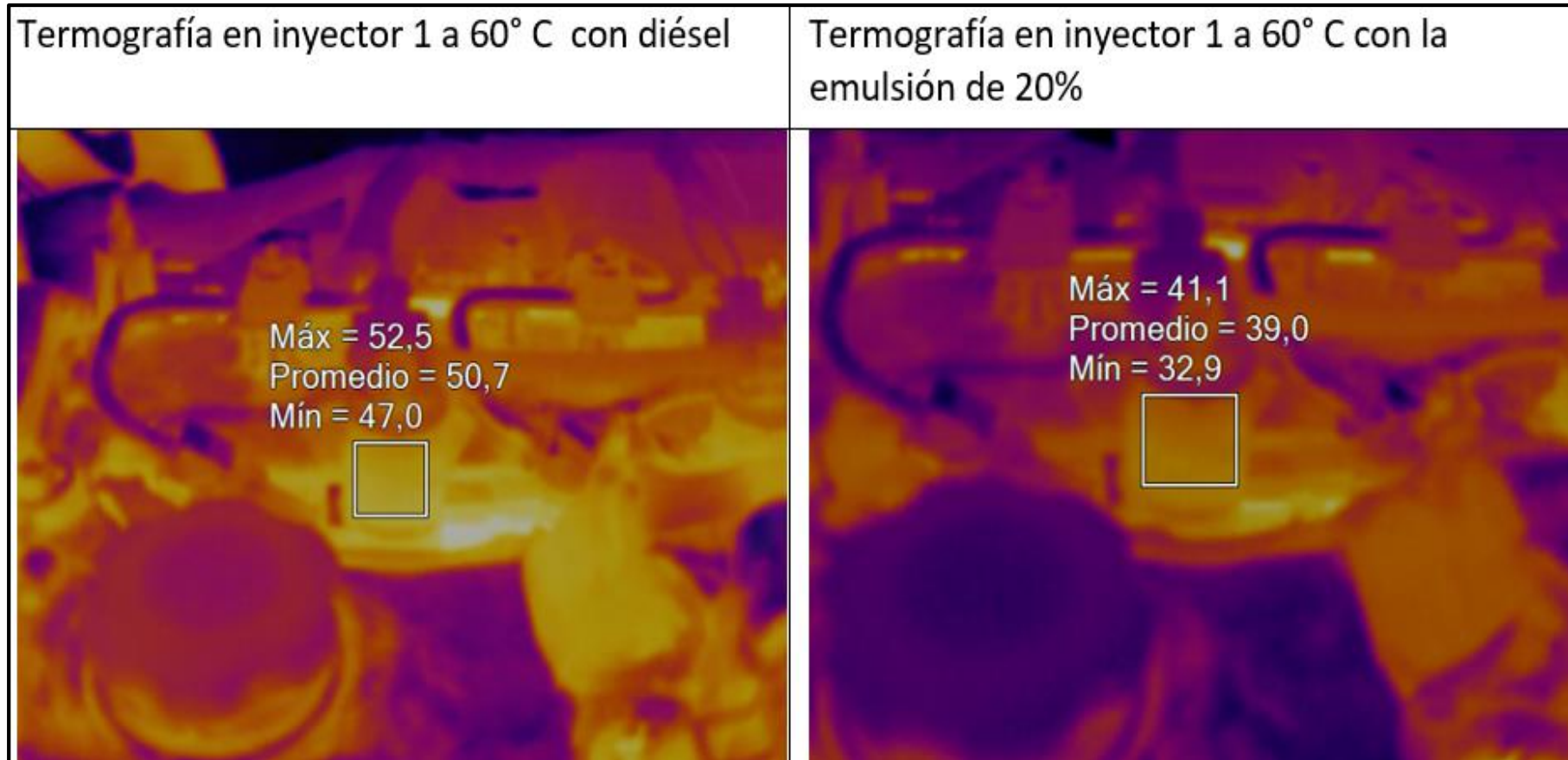
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Termografías del riel



# Termografías en inyector 1

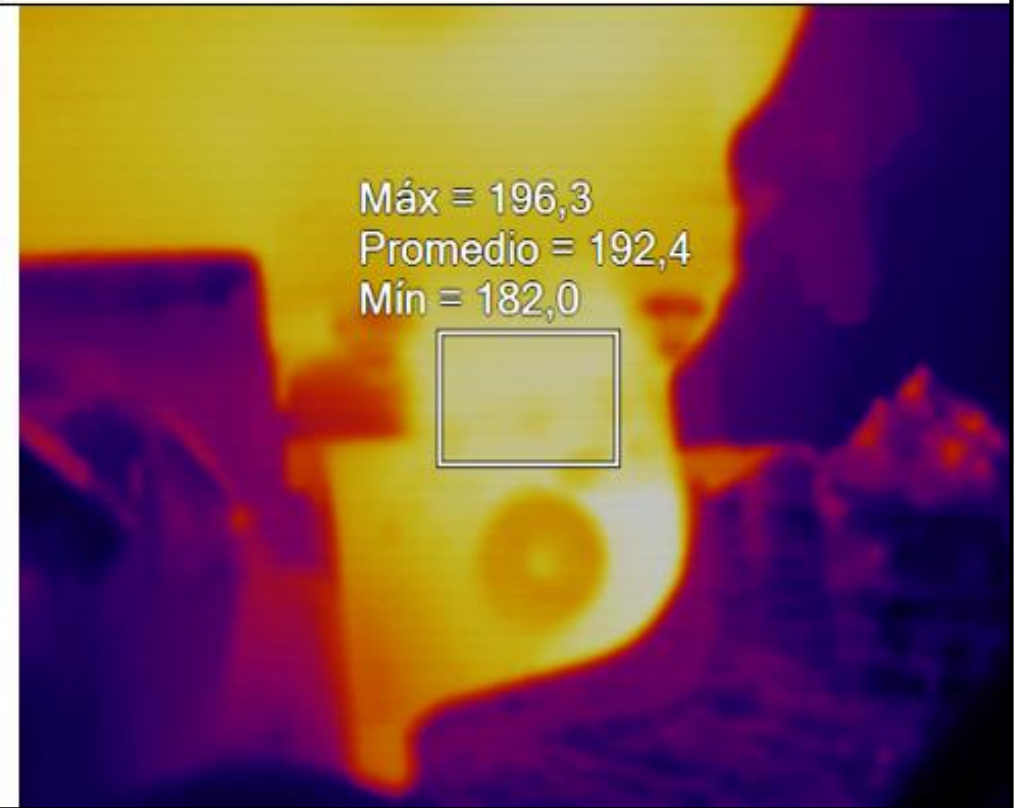


# Termografías en múltiple de escape

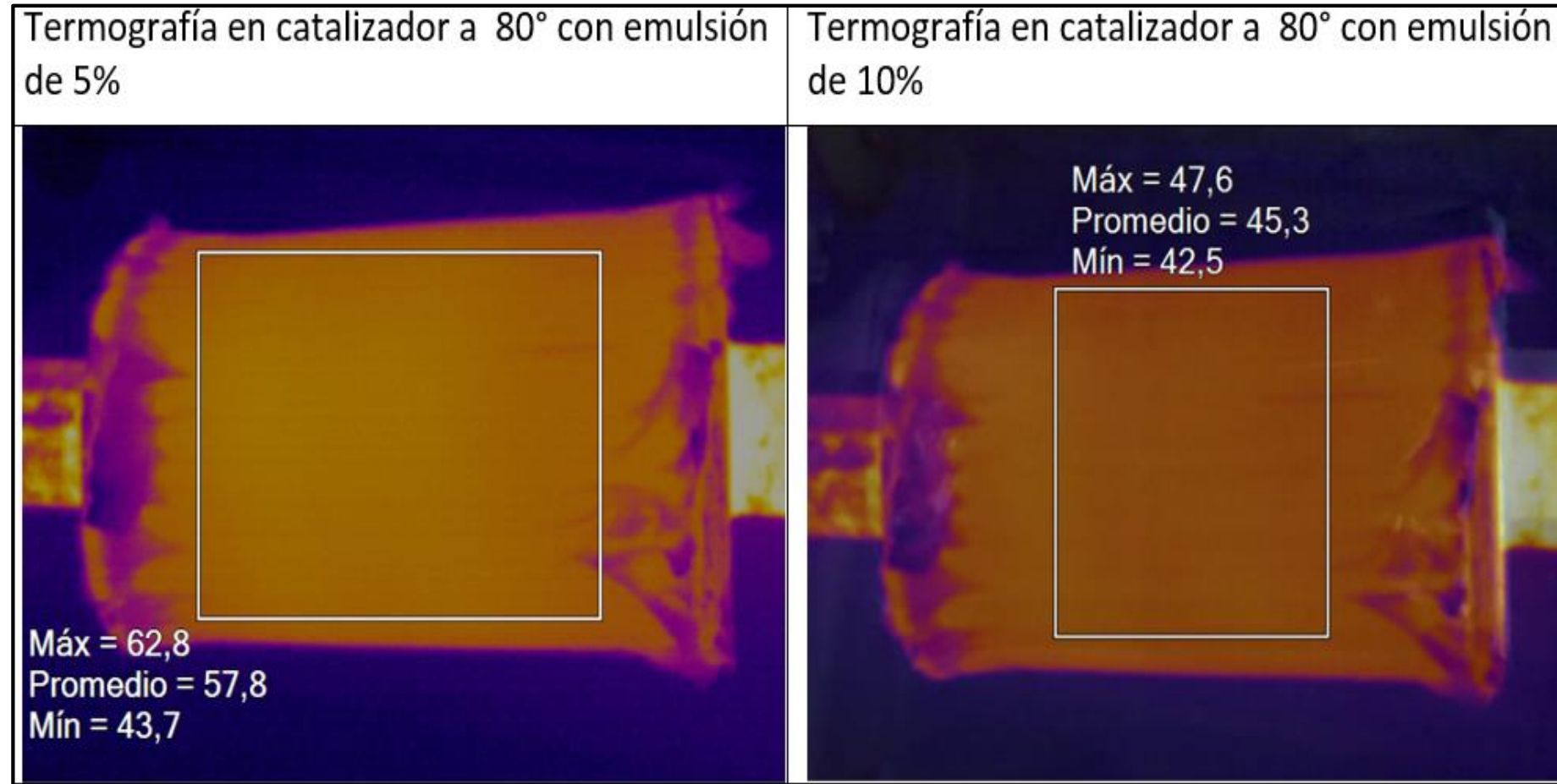
Termografía en múltiple de escape a 3000 rpm  
con diésel



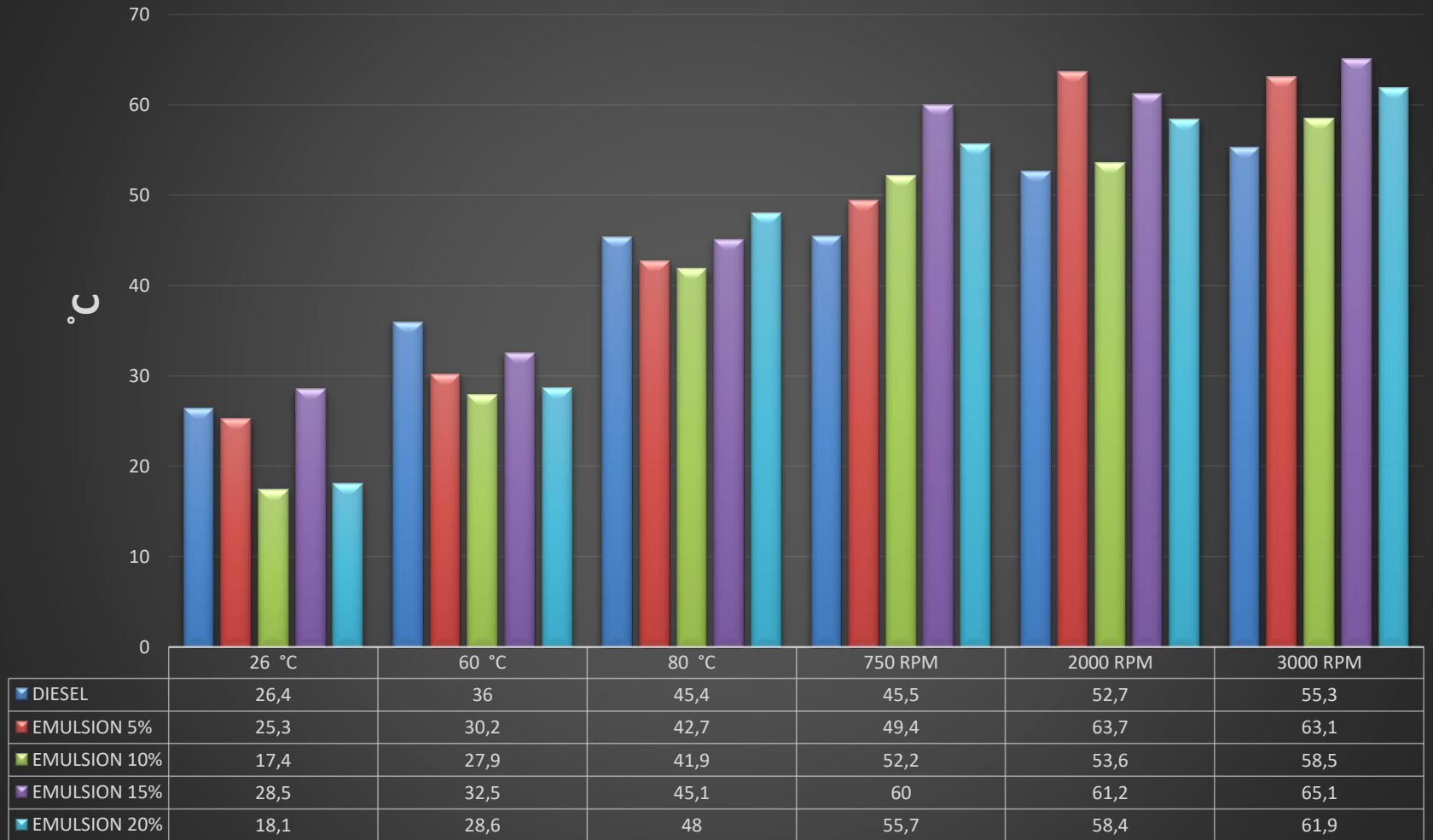
Termografía en múltiple de escape a 3000 rpm  
con la emulsión de 20%



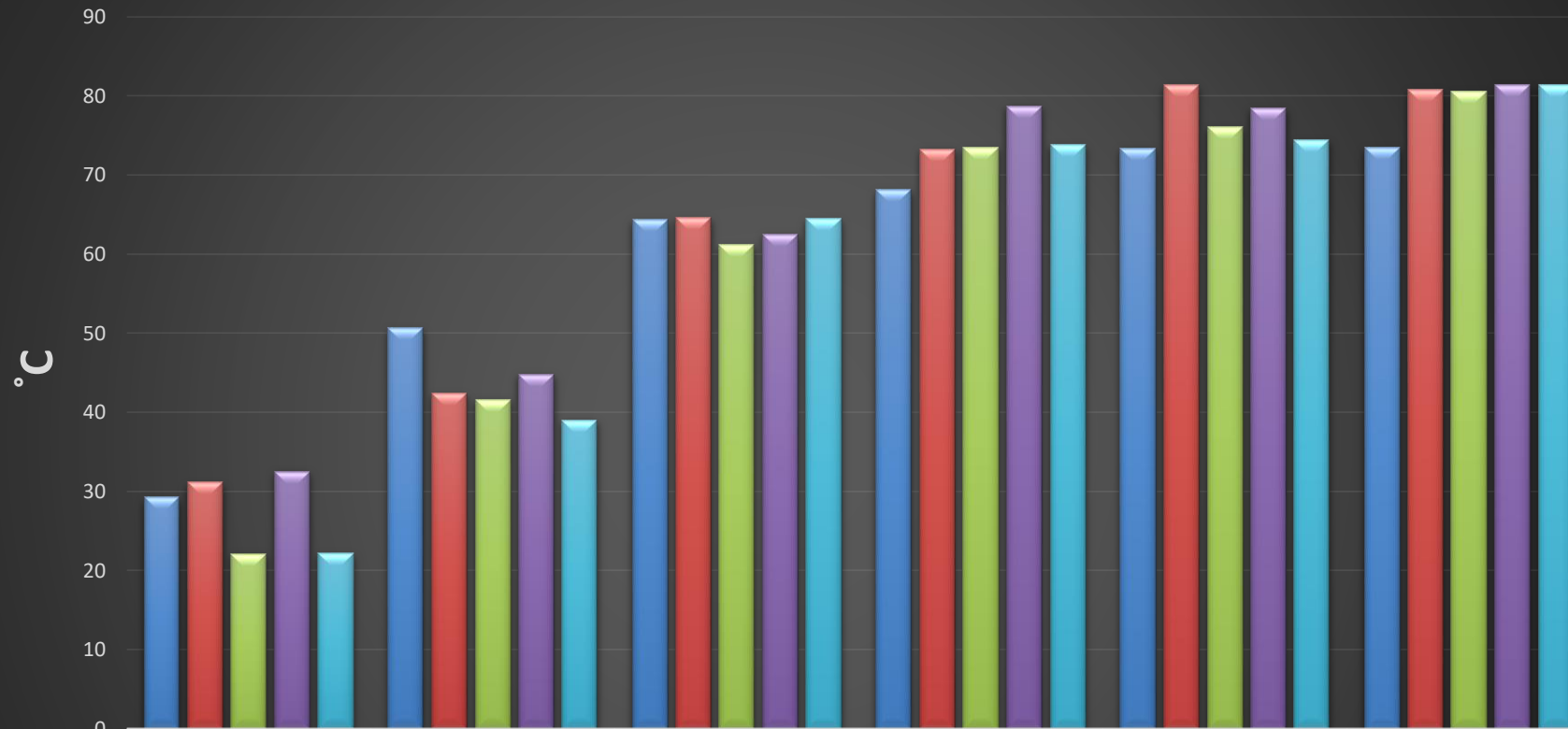
# Termografías en catalizador



## Variación de temperaturas en el riel



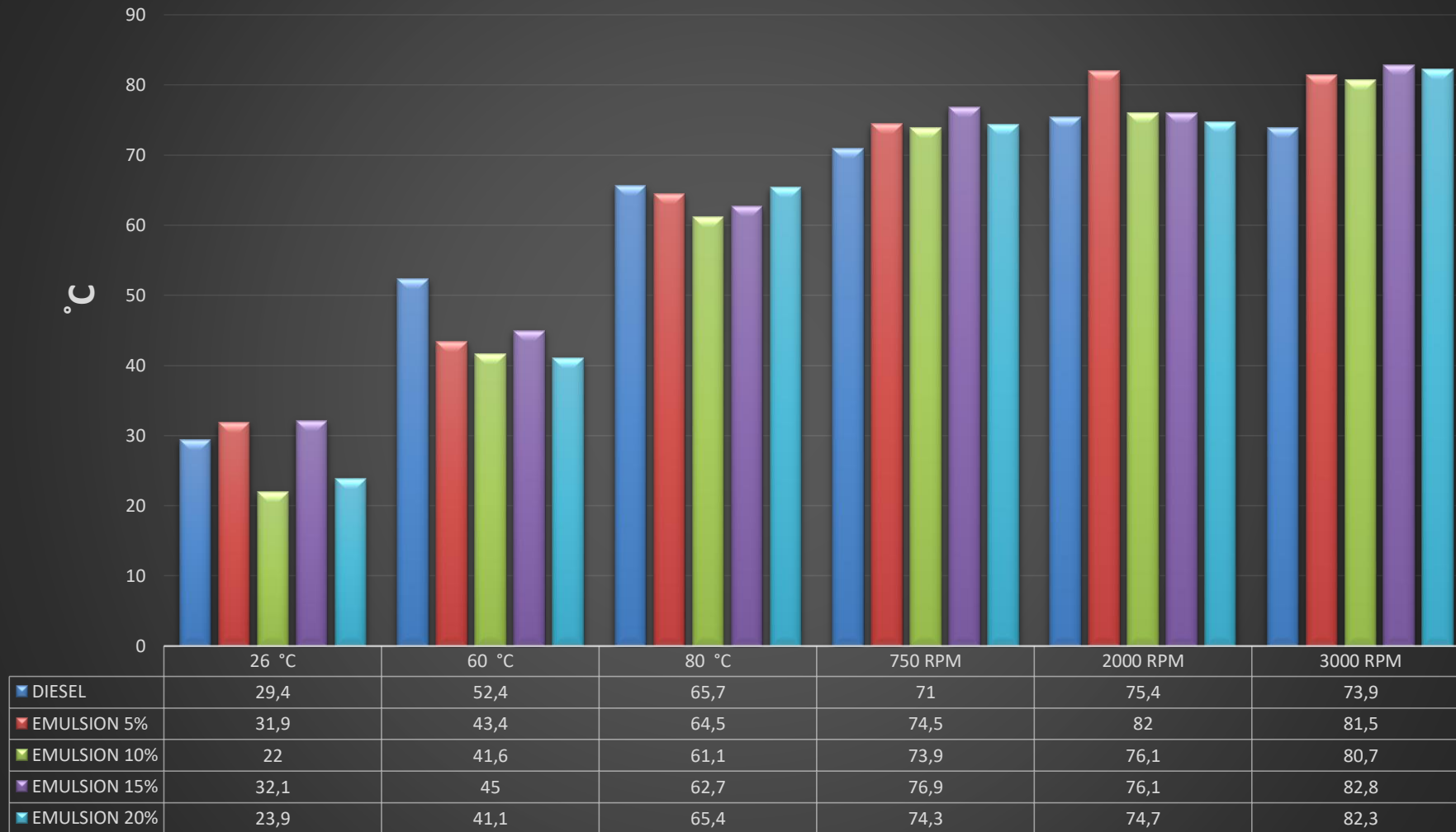
## Variación de temperaturas en inyector 1



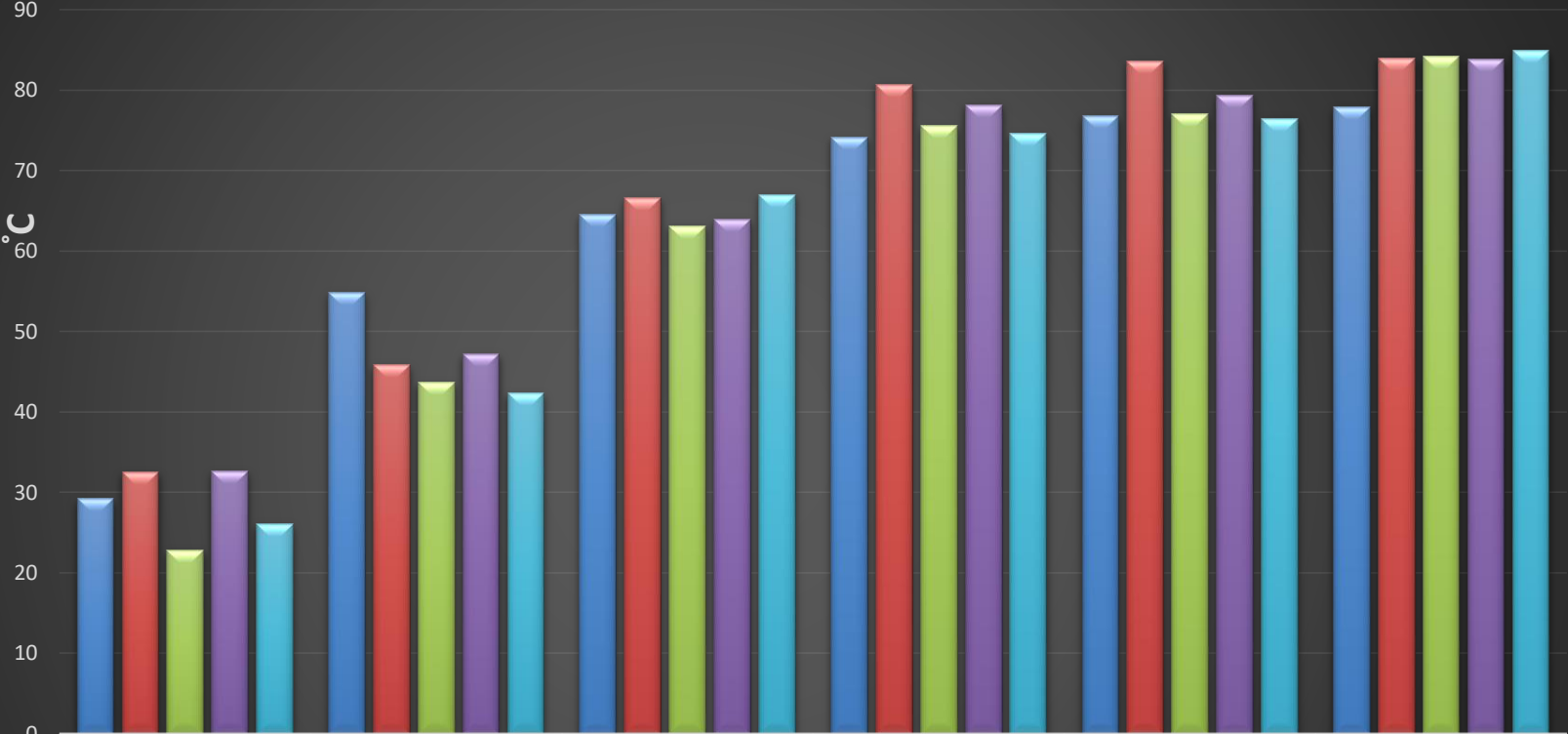
	26 °C	60 °C	80 °C	750 RPM	2000 RPM	3000 RPM
■ DIESEL	29,2	50,7	64,3	68,1	73,4	73,5
■ EMULSION 5%	31,1	42,4	64,6	73,3	81,4	80,8
■ EMULSION 10%	22,1	41,6	61,2	73,5	76,1	80,5
■ EMULSION 15%	32,5	44,8	62,5	78,7	78,4	81,4
■ EMULSION 20%	22,2	39	64,5	73,8	74,4	81,4



## Variación de temperaturas en inyector 2



### Variación de temperaturas en inyector 3

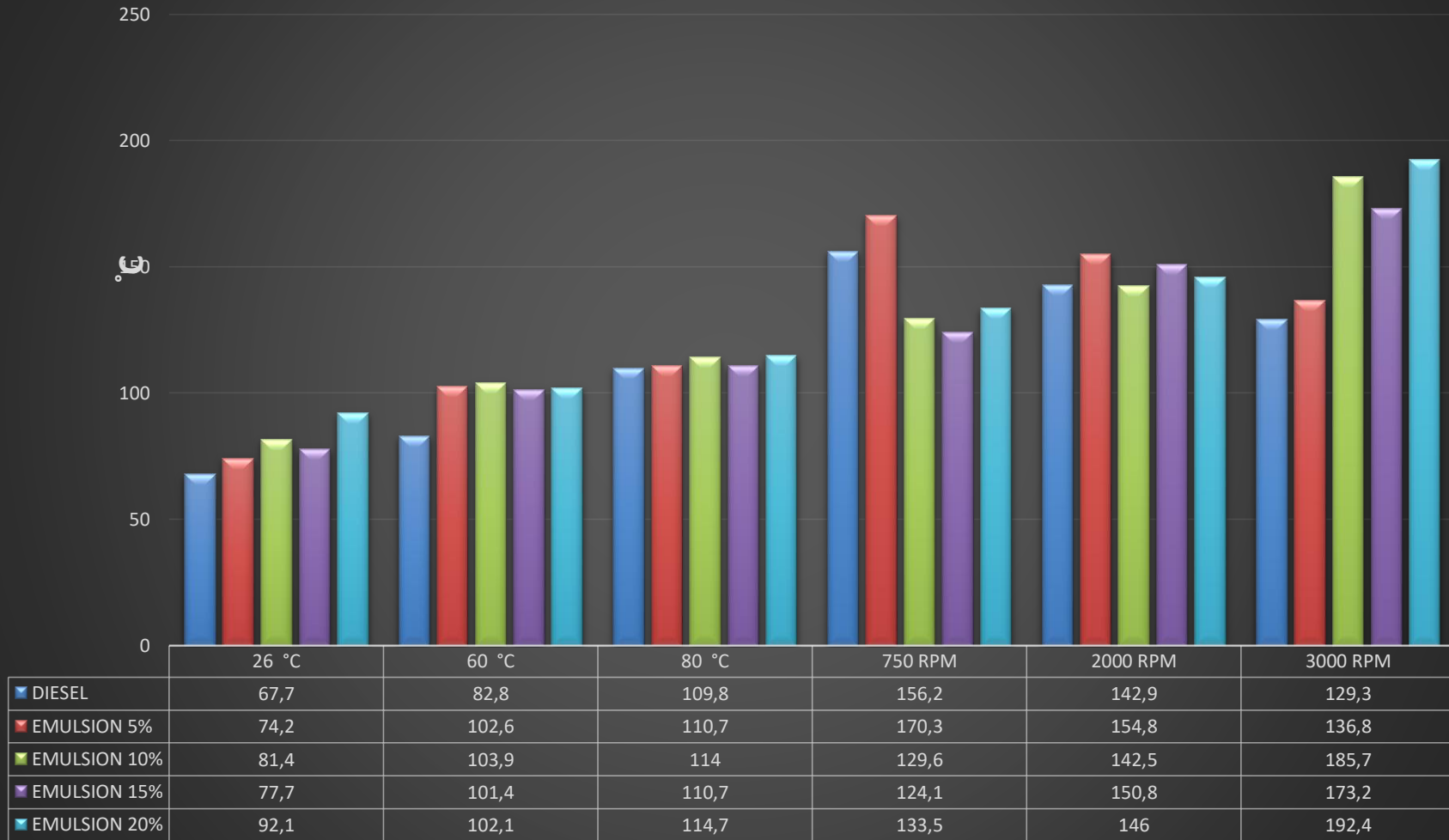


	26 °C	60 °C	80 °C	750 RPM	2000 RPM	3000 RPM
■ DIESEL	29,2	54,8	64,5	74,1	76,8	77,9
■ EMULSION 5%	32,5	45,8	66,6	80,7	83,6	84
■ EMULSION 10%	22,8	43,6	63,1	75,6	77	84,2
■ EMULSION 15%	32,6	47,2	63,9	78,2	79,4	83,8
■ EMULSION 20%	26	42,3	67	74,6	76,5	84,9

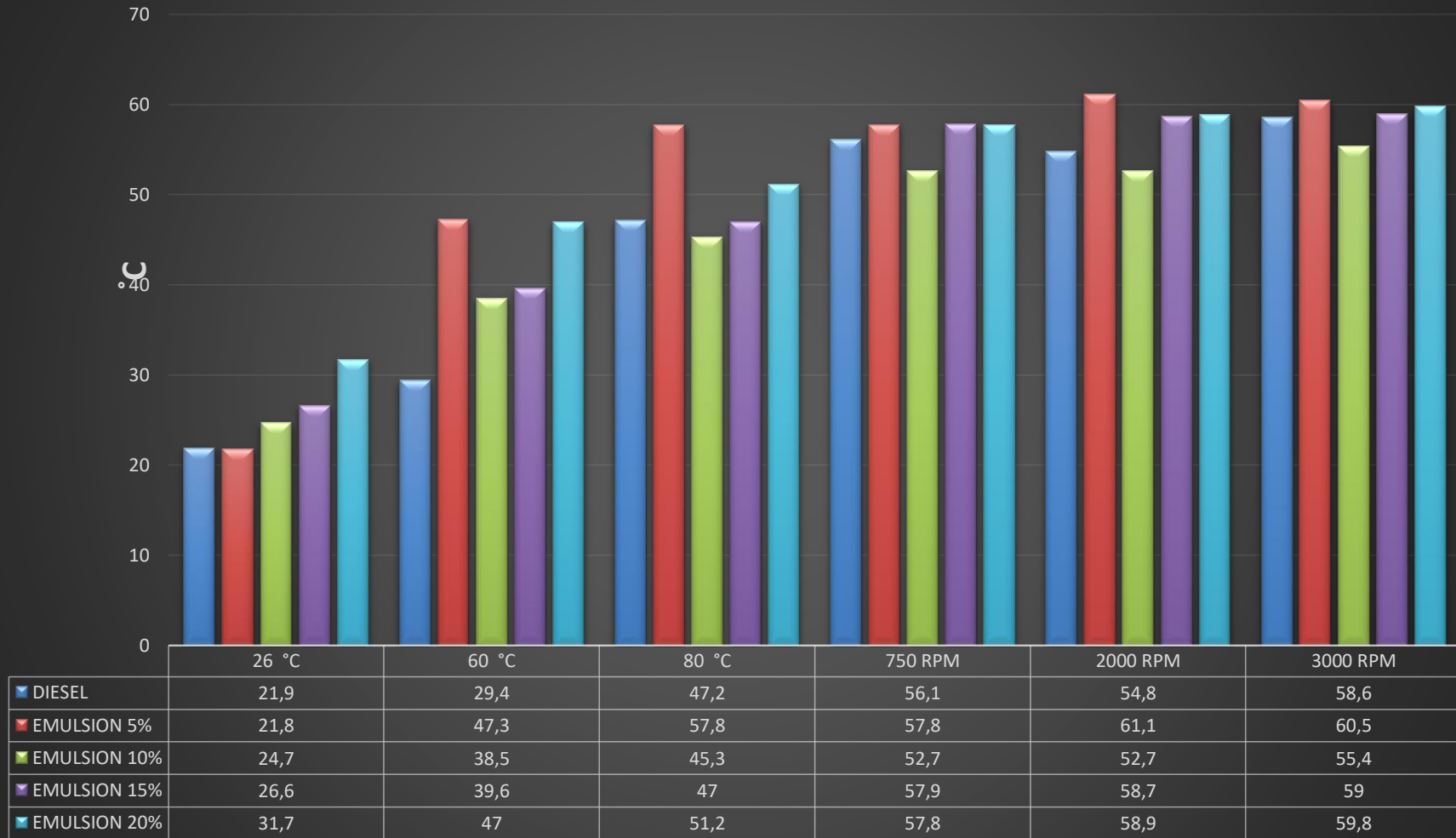




## Variación de temperaturas en el múltiple de escape

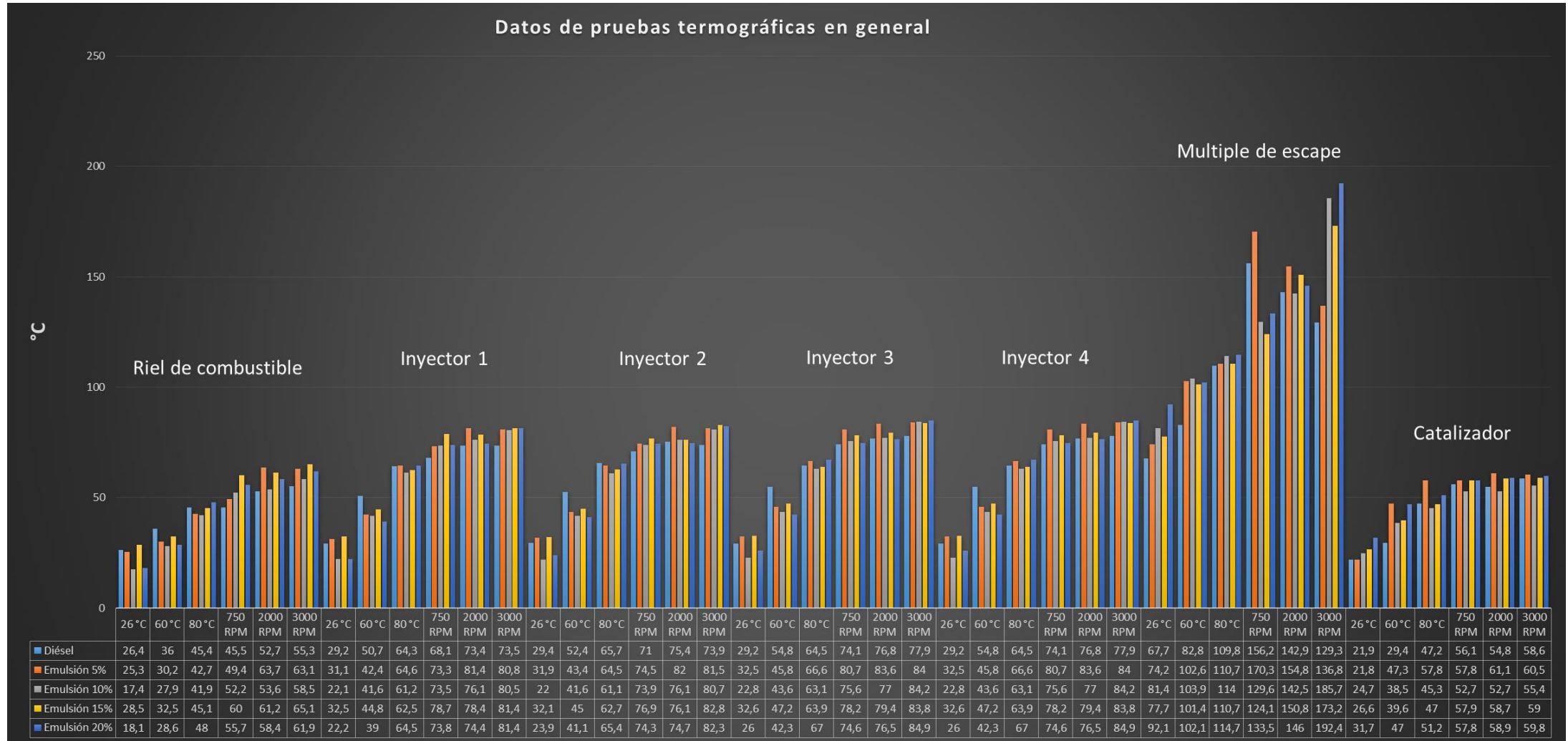


## Variación de temperaturas en el catalizador



# Resumen pruebas termográficas

Datos de pruebas termográficas en general



# CONCLUSIONES

- Se realizó las emulsiones diésel – agua al 5%, 10%, 15% y 20% con el uso de surfactantes en un laboratorio autorizado y con los equipos adecuados.
- Los resultados obtenidos en las pruebas de densidad y viscosidad tuvo un aumento paulatino mientras el porcentaje de agua aumenta. El diésel comercial tiene un valor de 0,834 g/ml y 3,36 cSt mientras que la emulsión de 20 % de agua tiene 0,866 g/ ml y 7,68 cSt de densidad y viscosidad respectivamente, que no es más del 4% y 56,25 % de diferencia.
- Se determinó el poder calorífico de todas las muestras de combustibles en un laboratorio autorizado y equipos adecuados para su medición, el cual registro una disminución progresiva mientras más es el porcentaje de agua. El diésel comercial registro 43944,96 J/gr en cuanto la emulsión de 20 % de agua 36403,25 J/gr representando un 17,16% de reducción.



- Se utilizó las emulsiones formadas de diésel- agua al 5%, 10%, 15% y 20% con el uso de surfactantes en un motor MZR-D 2,5.
- Se cotejó el nivel de emisiones de gases contaminantes con el uso de emulsiones en el motor MZR-D 2.5, registrándose la emulsión de 5 % como el mayor generador de NOx con 404 ppm Vol a la temperatura de 26° C reduciendo escalonadamente mientras aumenta su temperatura, hasta 46 ppm Vol a 3000 rpm en temperatura de funcionamiento.
- Se determinó que cumple con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2 207:2002 que indica en la tabla del punto 6.2.1. que el límite de emisión de CO es de 6,9 .Los índices de CO no sobrepasan los 0,4 % Vol en ninguna de las emulsiones usadas en el motor MZR-D 2,5.



- Se evaluó los índices de opacidad cuyo valor más alto fue de 4,17 % con la emulsión de 20 % de agua, sin embargo el rango de aprobación que es el de 15% por lo a cual todas las emulsiones aprobaron el test.
- Se evaluó mediante las pruebas termográficas que el uso de las emulsiones no varía más del 15 % de temperatura en los 4 inyectores con el diésel comercial cuando el motor MZR-D está a 80 °C en adelante ya que las pruebas de rpm son a temperatura de funcionamiento. En cambio en las pruebas de 26 °C y 80 °C las temperaturas son inestables entre emulsiones y diésel puro.
- Se examinó termográficamente que las emulsiones 5% y 15% de agua son las que alcanzan mayor temperatura en el riel en las pruebas de rpm a temperatura de funcionamiento. De igual manera a bajas temperaturas las emulsiones varían de forma irregular.



- Se constató mediante la termografía que en el múltiple las temperaturas no varían significativamente con excepción de la pruebas de 750 rpm y 3000 rpm siendo en esta última la prueba que registra la temperatura más alta que es de 192,4 °C en la emulsión de 20 % de agua.
- Las termografías en el catalizador determinaron que en las pruebas de temperaturas de 60 °C y 80 °C la emulsión de 5 % presenta temperaturas elevadas en relación a las demás emulsiones, mientras en las pruebas de rpm las temperaturas tienen una variación mínima.
- Se determinó que las emulsiones tienen una incidencia térmica en aumento mientras se eleva el porcentaje de agua en la emulsión en los puntos de análisis del motor detallados en la investigación.



# RECOMENDACIONES

- Se requiere una reformulación de las emulsiones de diésel – agua en donde se use otros tensoactivos que cumplan el mismo efecto en la mezcla y sean más económicos.
- Realizar las termografías en un lugar con la menor luminosidad posible para evitar datos falsos por materiales brillosos que reflejan la luz.
- Investigar sobre la emisividad de materiales del motor en donde se realice un análisis termográfico y utilizar medios matemáticos para saber la temperatura real dentro del elemento.





- Desarrollar investigaciones termográficas con el uso biocombustibles tanto en motores diésel y gasolina para su análisis térmico.
- Generar proyectos de investigación con otros medios tecnológicos que ayuden con el análisis y diagnóstico de motores de combustión interna.



“Lo único que se interpone entre ti y tu sueño, es la voluntad de intentarlo y la creencia de que en realidad es posible.”

Joel Brown



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

GRACIAS



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