



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

**TEMA: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE REDUCCIÓN
CATALÍTICA SELECTIVA COMO CATALIZADORES PARA EL
CONTROL DE EMISIONES EN VEHÍCULOS CON CICLO
DIÉSEL”**

**AUTORES: GALLO PORRAS STEVEN RAFAEL
ZAPATA JARA JUAN SEBASTIÁN**

DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO MSC.

2022



CONTENIDO

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Introducción
- Equipos
- Implementación del sistema
- Pruebas
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

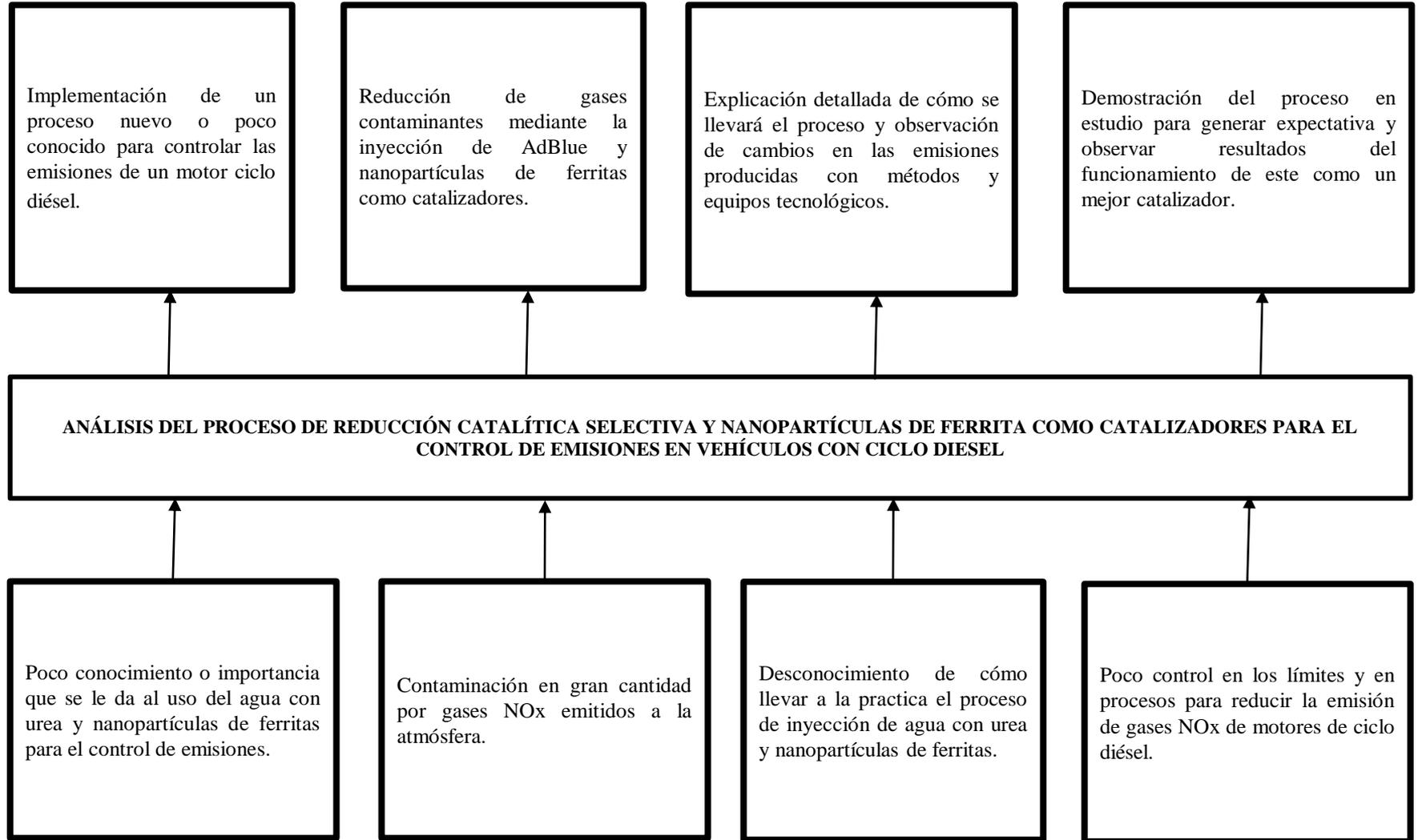


ANTECEDENTES

- De las 25.060 toneladas de óxidos nitrosos que se emitieron durante el año 2011, más del 69% fueron generadas por vehículos, principalmente buses y transporte pesado a diésel que representa el 40%, según el municipio de Quito
- Las emisiones de óxidos nitrosos se pueden disminuir hasta en un 90% al implementar un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) como la inyección de AdBlue al sistema de escape.
- Marcas reconocidas han innovado este sistema SCR al calentar el sistema de escape para que el aditivo trabaje correctamente aun con el vehículo frío.
- Gracias a la inyección de AdBlue, los vehículos diesel pueden cumplir con los límites establecidos en las normas EURO 5 y EURO 6.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



OBJETIVOS

- **Objetivo General**
- Analizar el proceso de reducción catalítica selectiva y nanopartículas de ferrita como catalizadores para el control de emisiones en vehículos con motor de combustión interna por compresión.



OBJETIVOS

- **Objetivos específicos**
- Fundamentar con información técnica-científica los métodos y sistemas de reducción catalítica selectiva en catalizadores reductores de NO.
- Consultar en fuentes bibliográficas el uso de nanopartículas de ferrita para la reducción de óxidos nitrosos y opacidad.
- Implementar un kit para el sistema de reducción selectiva controlado electrónicamente por inyección de AdBlue en vehículos ciclo diesel.
- Dimensionar el sistema de reducción catalítica selectiva desde la visión mecánica, hidráulica, eléctrica y electrónica con catalizadores nuevos y estándar.
- Emplear un sistema de filtración de gases de escape mediante la implantación de nanopartículas de ferrita como agente catalítico.



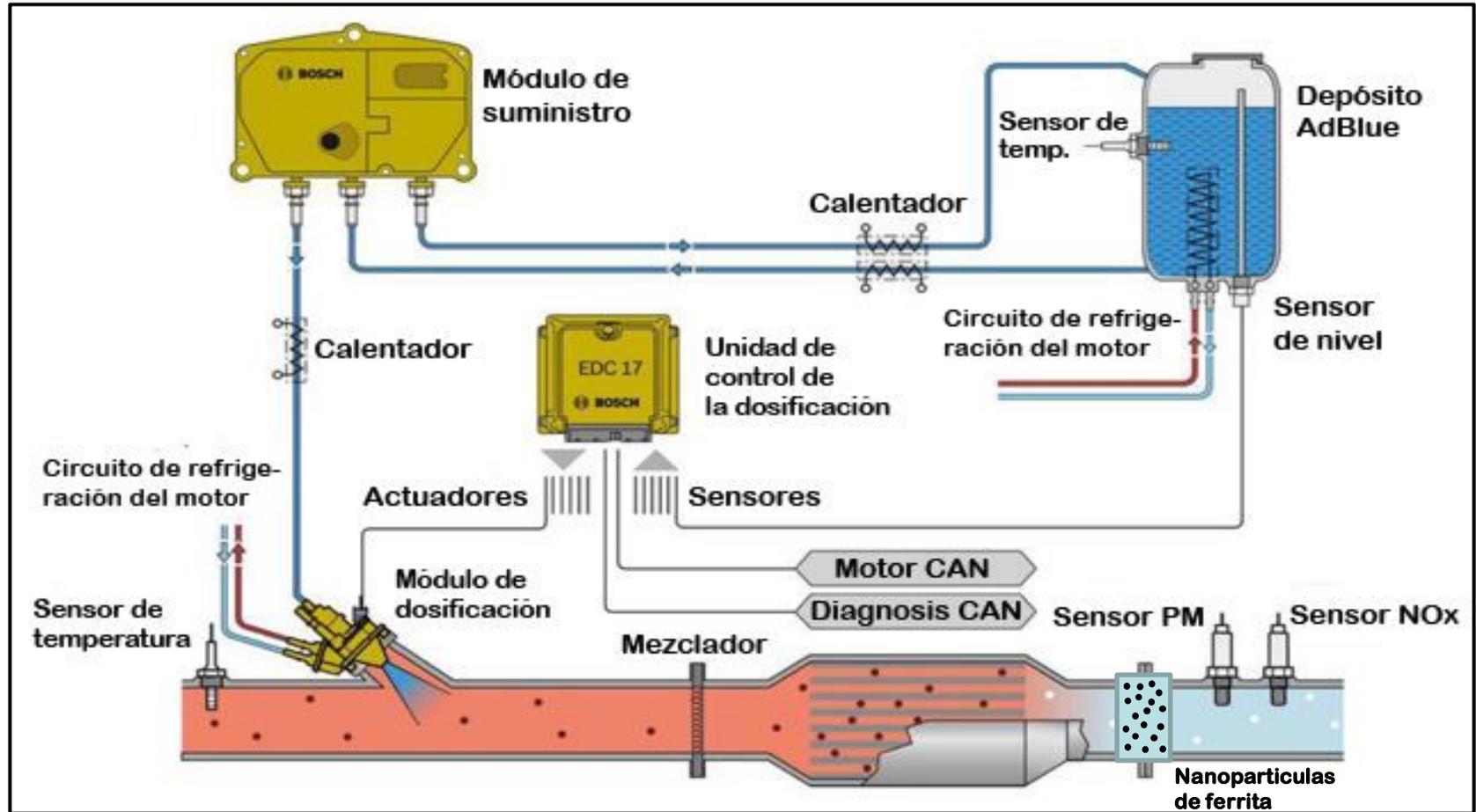
OBJETIVOS

- **Objetivos específicos**
- Efectuar la calibración de los equipos de medición de emisiones y opacidad de los laboratorios de Autotrónica y Mecánica de Patio.
- Ejecutar ensayos de medición de emisiones acorde a la normativa nacional vigente aplicada en los CRTV y NTE INEN.
- Determinar la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática por el método de aceleración libre.
- Medir el humo de motor, según gestión ambiental para automotores y sus límites permitidos de emisiones producidas por motores de vehículos diésel por procedimiento de prueba de humo de aceleración rápida.



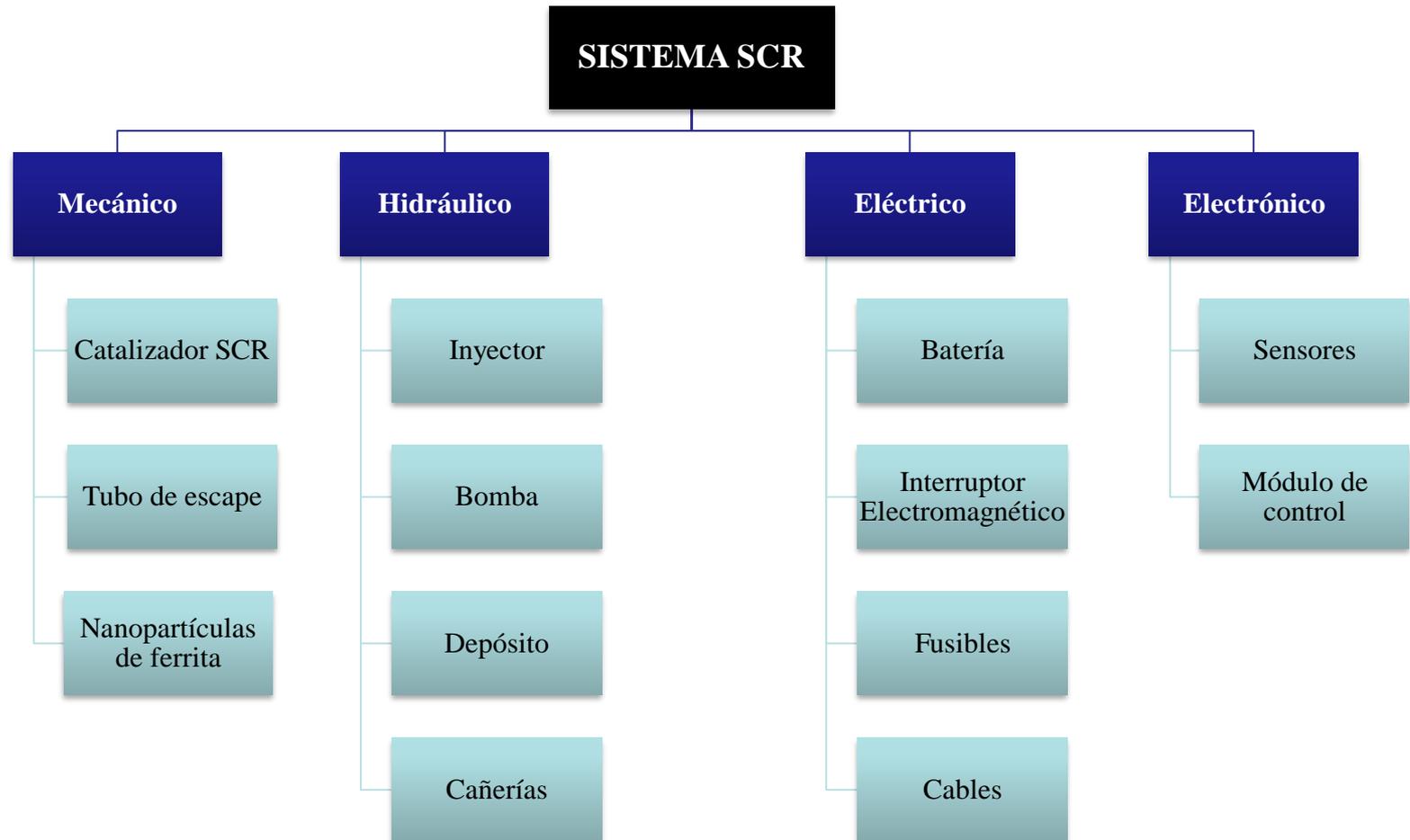
INTRODUCCIÓN

- **Funcionamiento del sistema de reducción catalítica selectiva (SCR)**



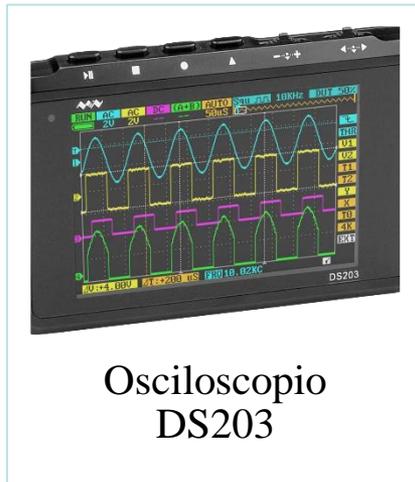
INTRODUCCIÓN

- Componentes del sistema SCR

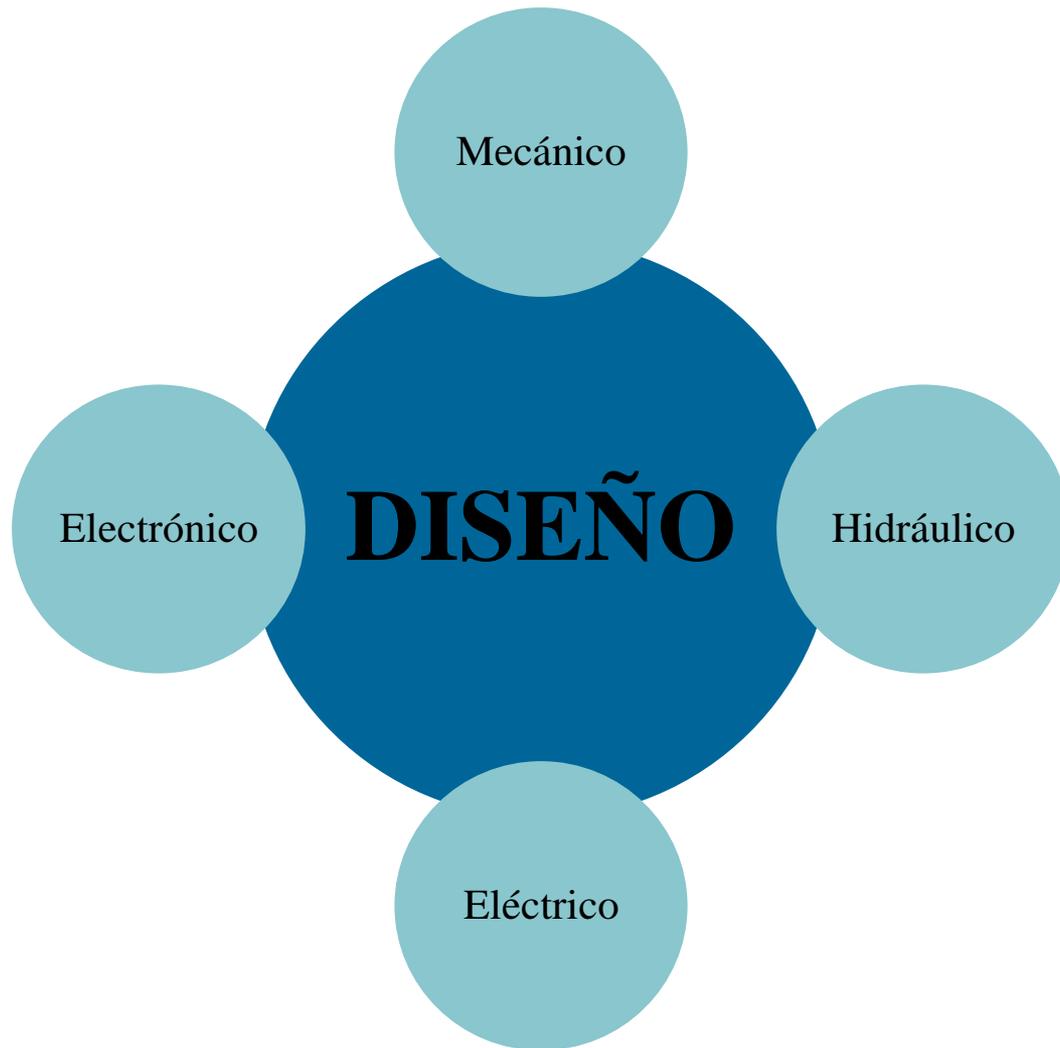


EQUIPOS

- Equipos utilizados para el desarrollo de la investigación



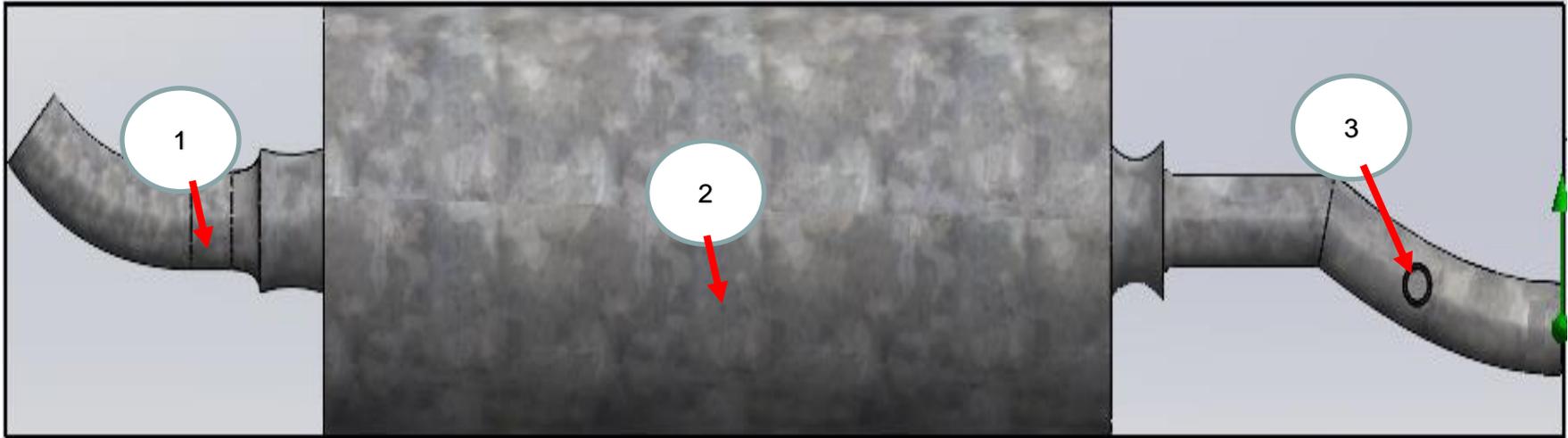
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO MECÁNICO

- Elementos del sistema de escape SCR



1. Tubo de escape
2. Catalizador SCR
3. Anclaje para inyector

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO MECÁNICO

- Nanopartículas de Ferrita



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO HIDRÁULICO

Parámetro	Valor	Unidades
Radio interno de la cañería	$r = 2,159 \times 10^{-3}$	m
Área interna de la cañería	$A = \pi * r^2$	m^2
Área interna de la cañería	$1,4643 \times 10^{-5}$	m^2
Caudal	$Q = 0,23$	$\frac{m^3}{h}$
Velocidad del fluido	$V = \frac{Q}{A}$	$\frac{m}{h} \text{ o } \frac{m}{s}$
Velocidad del fluido	5508,22	$\frac{m}{h}$
Velocidad del fluido	1,53	$\frac{m}{s}$
Viscosidad dinámica	$n = 1,4 * 10^{-3}$	Pa * s
Diámetro de succión y descarga	$D = 4,318 * 10^{-3}$	m
Número de Reynolds	$Nr = \frac{V * D * \rho}{n}$	N/A
Número de Reynolds	5129,51 (FLUJO TURBULENTO)	N/A
Rugosidad del material	$\epsilon = 1 * 10^{-5}$	m
Factor de fricción	$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7} \frac{D}{\epsilon} + \frac{5,74}{Nr^{0,9}} \right) \right]^2}$	N/A
Factor de fricción	$f = 0,04$	N/A
Coefficiente de Resistencia	$K = 0,5$	N/A
Gravedad	9,81	$\frac{m}{s^2}$
Pérdidas menores	$h_L = K \frac{V^2}{2g}$	m
Pérdidas menores	$h_L = 0,038$	m
Distancia de la cañería desde el depósito hasta la bomba	$L_1 = 0,60$	m



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

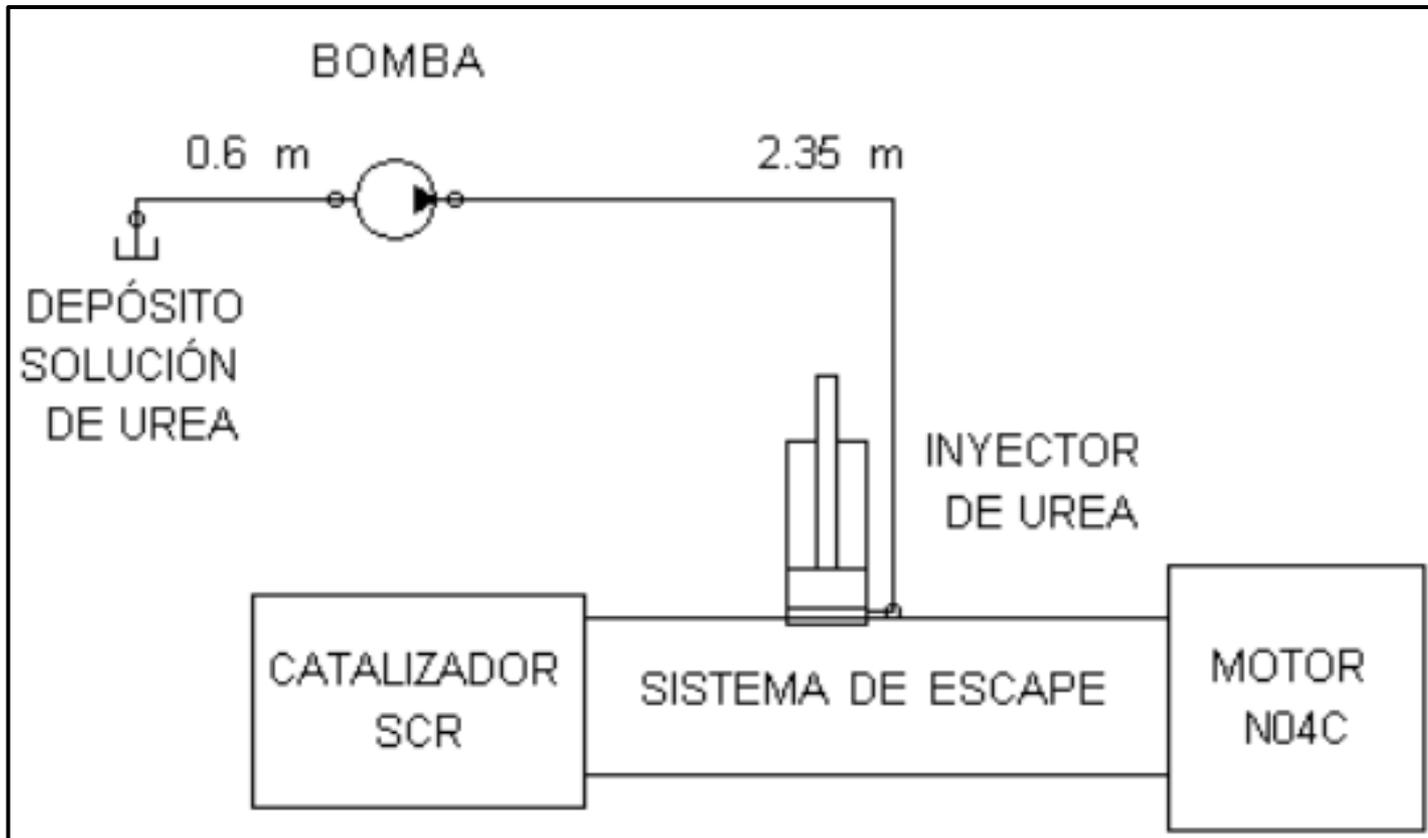
Parámetro	Valor	Unidades
Pérdidas en la cañería tramo h_{L1}	$h_{L1} = \frac{f * L_1 * V^2}{D * 2g}$	m
Pérdidas en la cañería tramo h_{L1}	$h_{L1} = 0,66$	m
Distancia de la cañería desde la bomba hasta el inyector	$L_2 = 2,35$	m
Pérdidas en la cañería tramo h_{L2}	$h_{L2} = \frac{f * L_2 * V^2}{D * 2g}$	m
Pérdidas en la cañería tramo h_{L2}	$h_{L2} = 2,62$	m
Pérdidas totales	$h_{Lt} = h_L + h_{L1} + h_{L2}$	m
Pérdidas totales	$h_{Lt} = 3,32$	m
Densidad	1087	$\frac{kg}{m^3}$
Peso específico	$\gamma = \rho * g$	$\frac{KN}{m^3}$
Peso específico	$\gamma = 10663,47$	$\frac{KN}{m^3}$
Presión de la bomba	$P_2 = 1379000$	Pa
Altura tramo 1	$Z_1 = 0,35$	m
Altura tramo 2	$Z_2 = 1,95$	m
Presión y Volumen antes de la bomba	$P_1 y V_1 = 0$	N/A
Ecuación general de la energía Bernoulli	$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_a - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$	N/A
Energía añadida por la bomba	$h_a = 131,07$	m
Potencia de la bomba	$Pot = h_a * \gamma * Q$	Watts
Potencia de la bomba	$Pot = 88,05$	Watts
Potencia de la bomba	$Pot = 0,12$	HP



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO HIDRÁULICO

- Esquema Hidráulico



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO ELÉCTRICO

- Intensidad de corriente de todos los componentes

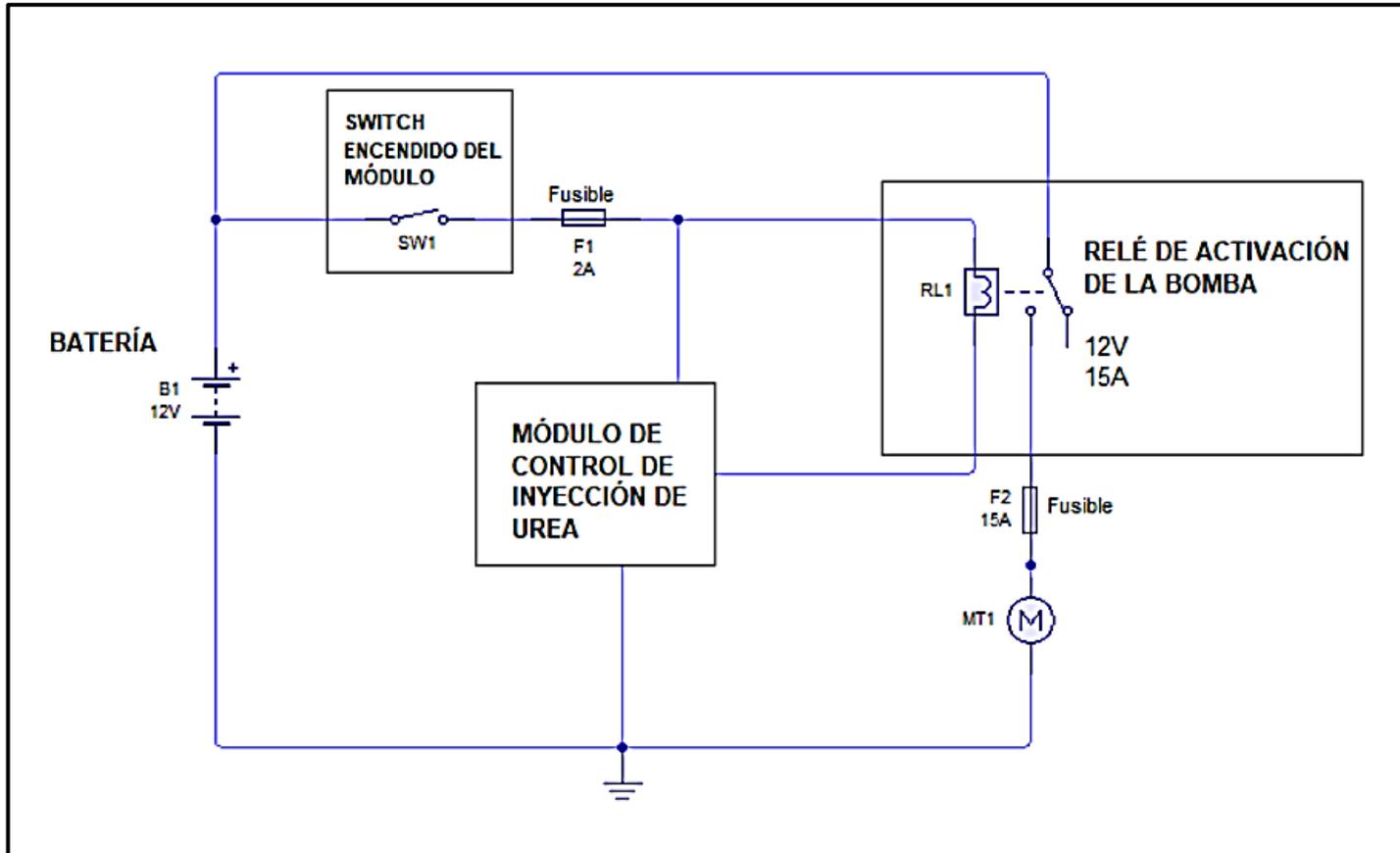
Parámetro	Valor	Unidades
Voltaje de alimentación del relé	$V = 12$	V
Resistencia de la bobina del relé	$R = 70$	Ω
Intensidad del relé	$I_1 = \frac{V}{R}$	A
Intensidad relé	$I_1 = 0,17$	A
Voltaje transistor de la bomba	$V = 5$	V
Resistencia transistor de la bomba	$R = 32,5$	K Ω
Intensidad transistor de la bomba	$I_2 = \frac{V}{R}$	A
Intensidad transistor de la bomba	$I_2 = 1,4 * 10^{-4}$	A
Consumo de la corriente de la pantalla	$I_3 = 0,04$	A
Intensidad de las señales del vehículo	$I_4 = 0,05$	A
Intensidad display LCD	$I_5 = 1,12$	A
Intensidad Arduino	$I_6 = 0,04$	A
Intensidad total de los componentes	$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$	A
Intensidad total de los componentes	$I_T = 1,42$	A



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO ELÉCTRICO

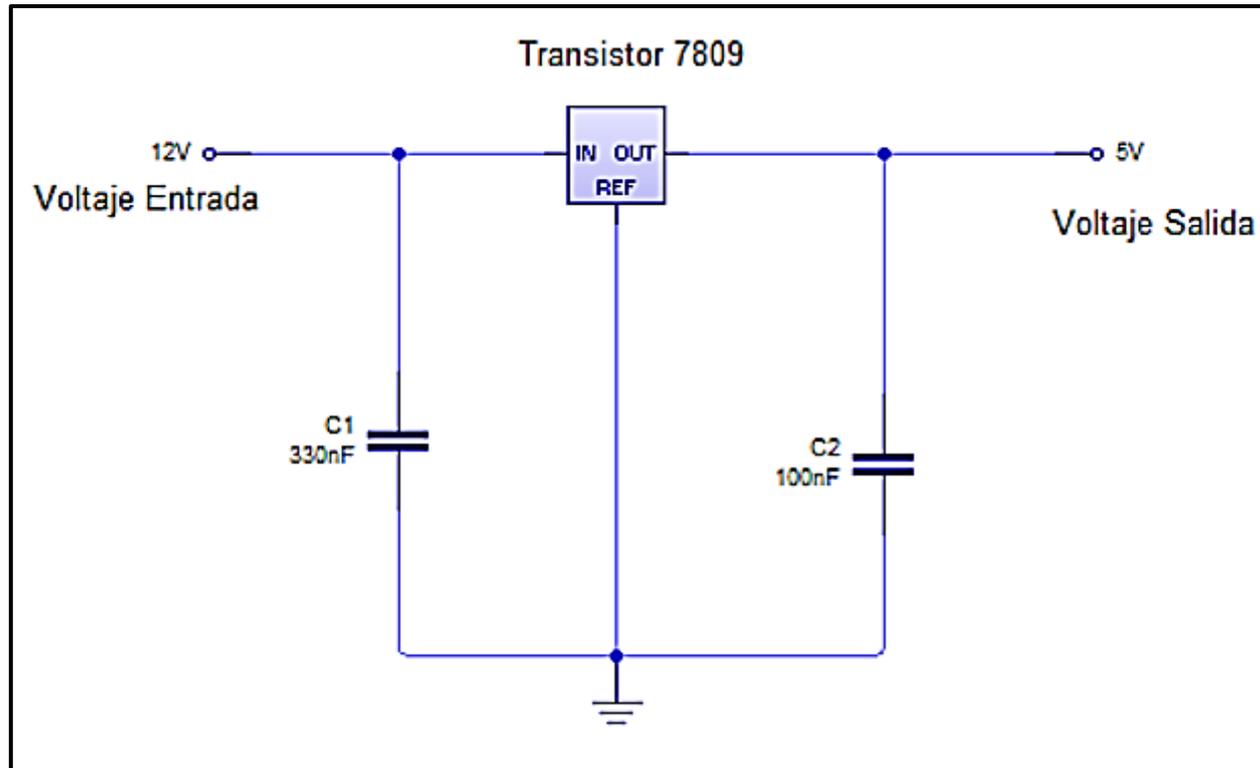
- Control de Activación del Sistema de Inyección



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO ELECTRÓNICO

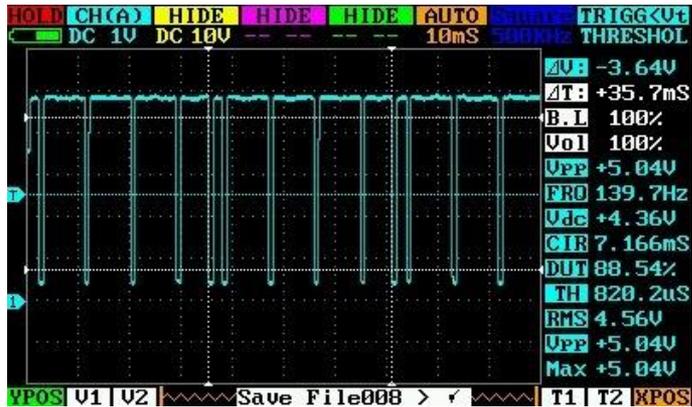
- Regulador de Voltaje



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

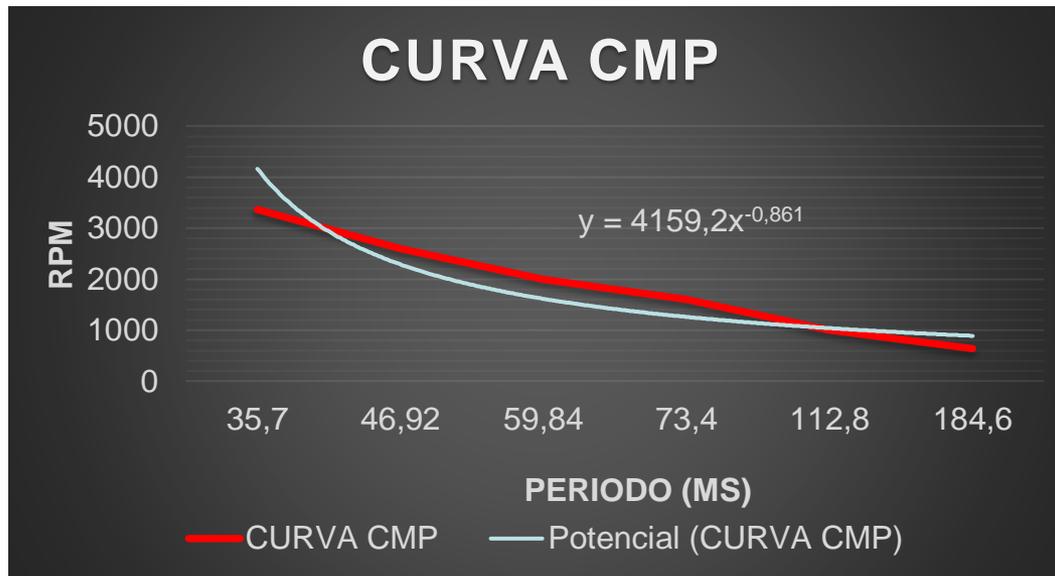
DISEÑO ELECTRÓNICO

- Señal del Sensor CMP



Periodo de señal del CMP vs RPM del motor

RPM	Medición	640	1000	1600	2000	2600	3370
PERIODO (ms)	1	183	113	74,5	59	47,3	35,7
	2	185	112	70,7	59,7	46,7	35,7
	3	185	113	75,3	60,7	46,3	35,7
	4	185	111	74	59,7	47,3	35,7
	5	185	115	70,7	60,1	47	35,7
Promedio (ms)		184,60	112,80	73,04	59,84	46,92	35,70

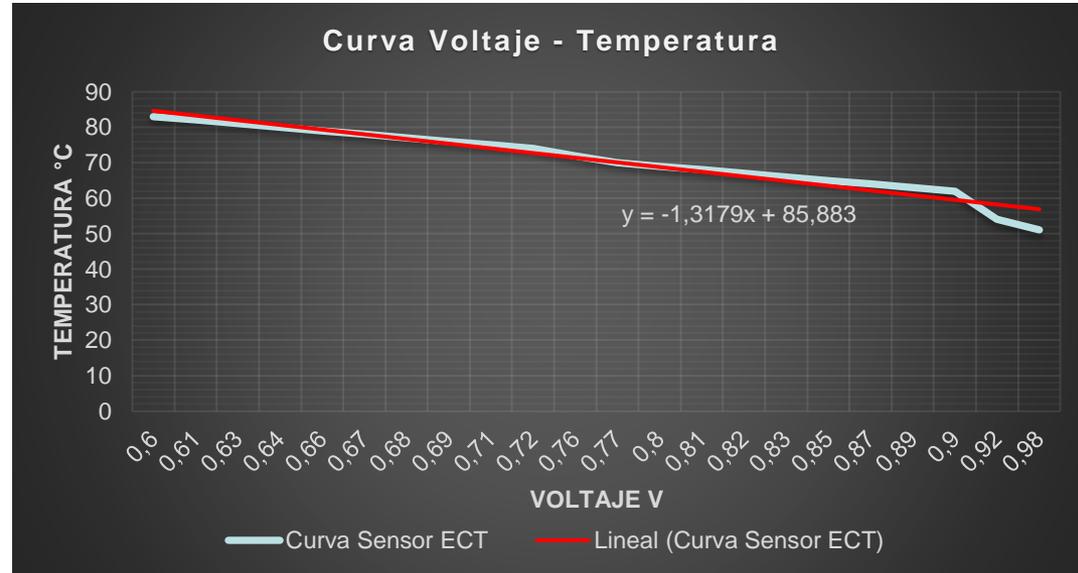


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO ELECTRÓNICO

- Señal del Sensor ECT

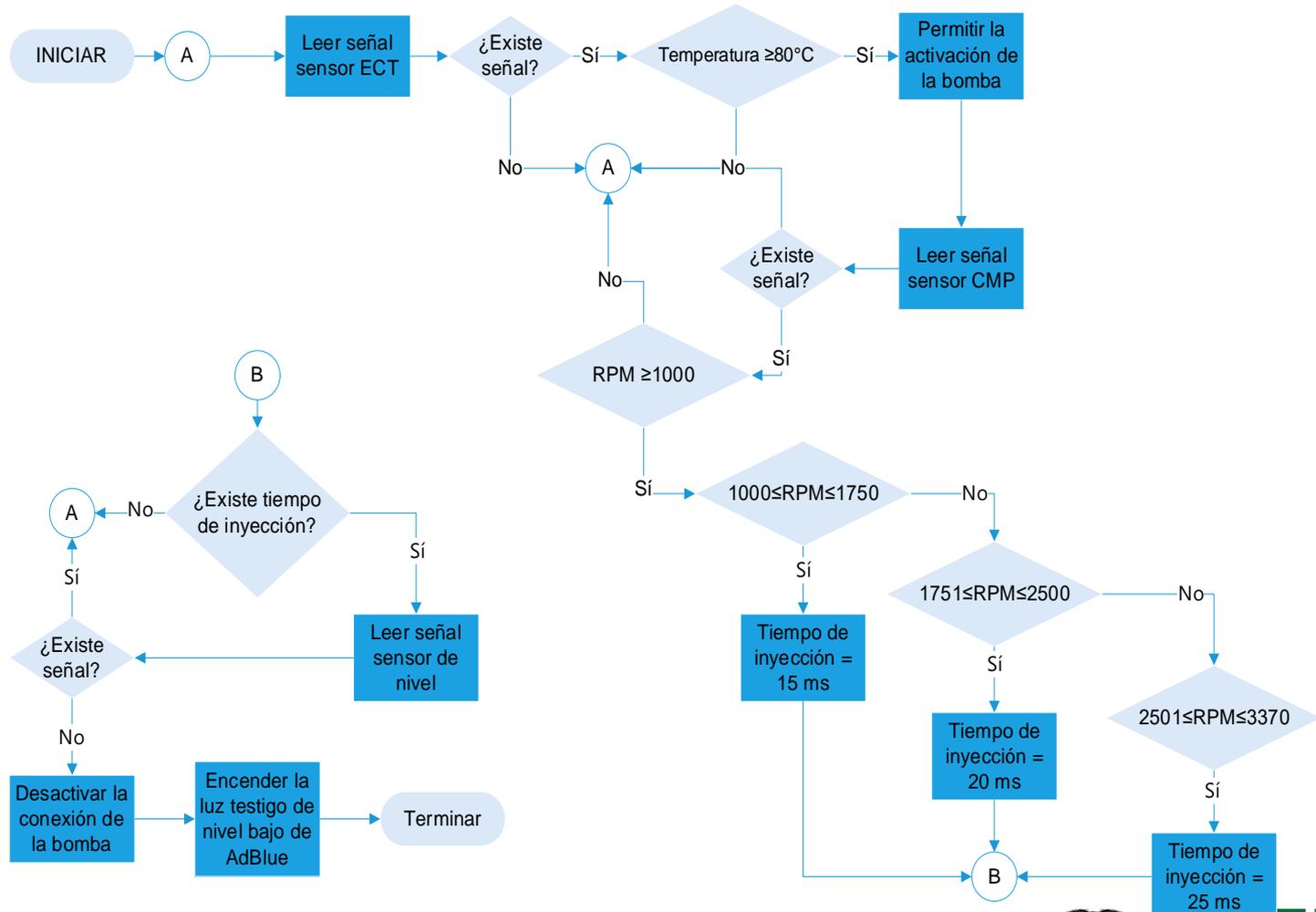
Temperatura °C	Voltaje de señal V	Temperatura °C	Voltaje de señal V
51	0,98	72	0,76
54	0,92	74	0,72
62	0,9	75	0,71
63	0,89	76	0,69
64	0,87	77	0,68
65	0,85	78	0,67
66	0,83	79	0,66
67	0,82	80	0,64
68	0,81	81	0,63
69	0,8	82	0,61
70	0,77	83	0,6



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

DISEÑO ELECTRÓNICO

• Programación



PRUEBAS

OPACIDAD

- Mediante las normas NTE INEN 2202:2013 y 2207:2002 se realizan las pruebas de opacidad con el fin de obtener resultados puntuales y confiables. Las mediciones están basadas en los procedimientos para una prueba de aceleración libre.



PRUEBAS

RESULTADOS DE OPACIDAD

PERIODO		OPACIDAD (%)									
		KM 1 ¹		KM 2 ²		KM 3 ³		KM 4 ⁴		PROMEDIO	
		S/A ⁵	C/A ⁶	S/A	C/A	S/A	C/A	S/A	C/A	S/A	C/A
M1 ¹⁶	E. STD ⁷	0,73	0,93	0,79	0,94	0,82	0,89	0,79	0,93	0,783	0,923
	C. SCR ⁸	0,63	0,66	0,51	0,55	0,52	0,75	0,69	0,67	0,588	0,658
	S.C. ⁹	0,69	1,59	0,69	1,42	0,54	1,00	0,60	1,78	0,630	1,448
M2 ¹⁷	E. STD	0,8	0,79	0,73	0,86	0,64	0,75	0,73	0,71	0,725	0,778
	C. SCR	0,35	0,35	0,49	0,49	0,57	0,57	0,60	0,69	0,503	0,525
	S.C.	0,59	0,55	0,70	1,34	1,97	1,99	0,62	0,65	0,970	1,133
T1 ¹⁸	E. STD	0,69	0,77	0,62	0,88	0,61	0,66	0,76	0,77	0,670	0,770
	C. SCR	0,26	0,57	0,35	0,67	0,60	0,61	0,83	1,17	0,510	0,755
	S.C.	1,58	2,33	0,96	1,92	0,96	1,92	0,53	0,69	1,008	1,715
N.F. ¹⁰		S/R ¹¹		R1 ¹²		R2 ¹³		Límite		Límite	
		S/I ¹⁴	C/I ¹⁵	S/I	C/I	S/I	C/I	Opacímetro		INEN	
		0,76	4,01	0,70	1,74	1,12	1,07	15		50	

¹ KM 1= 125 522 km

² KM 2= 127 006 km

³ KM 3= 128 002 km

⁴ KM 4= 129 840 km

⁵ S/A = Sin Accesorios activados

⁶ C/A = Accesorios activados

⁷ E. STD. = Escape estándar.

⁸ C. SCR = Catalizador SCR

⁹ S.C. = Inyección de AdBlue

¹⁰ N.F. = Nanopartículas de ferrita

¹¹ S/R = Datos antes de las pruebas de ruta

¹² R 1 = Recorrido 1 sin inyectar AdBlue

¹³ R 2 = Recorrido 2 inyectando AdBlue

¹⁴ S/I = Medición de gases sin inyectar AdBlue

¹⁵ C/I = Medición de gases inyectando AdBlue

¹⁶ M1 = Periodo de la mañana

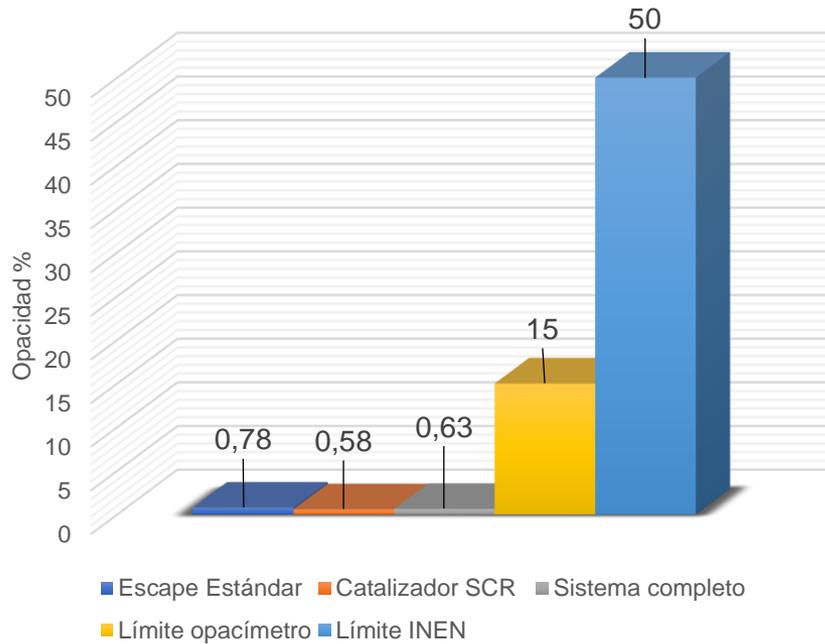
¹⁷ M2 = Periodo de la media mañana

¹⁸ T1 = Periodo de la tarde

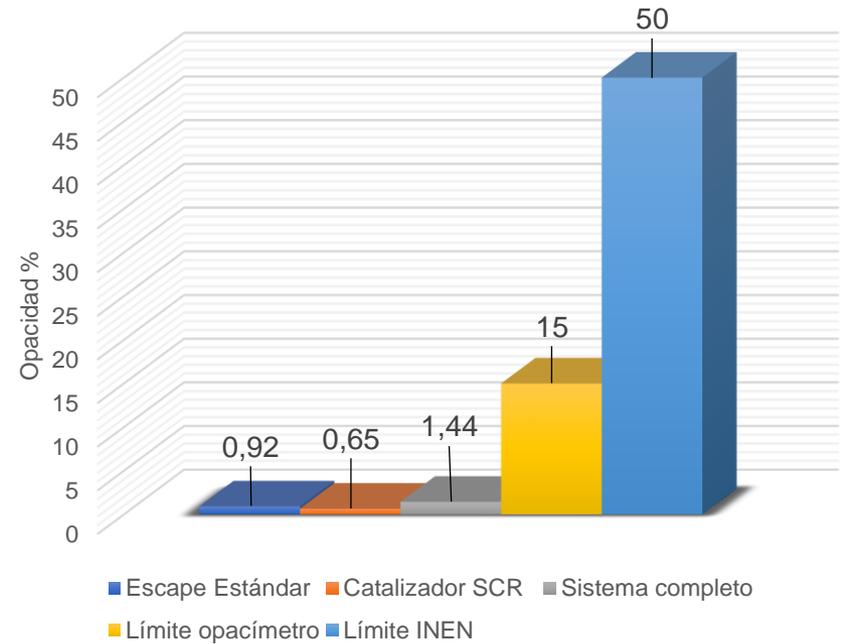


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Mañana



Sin accesorios

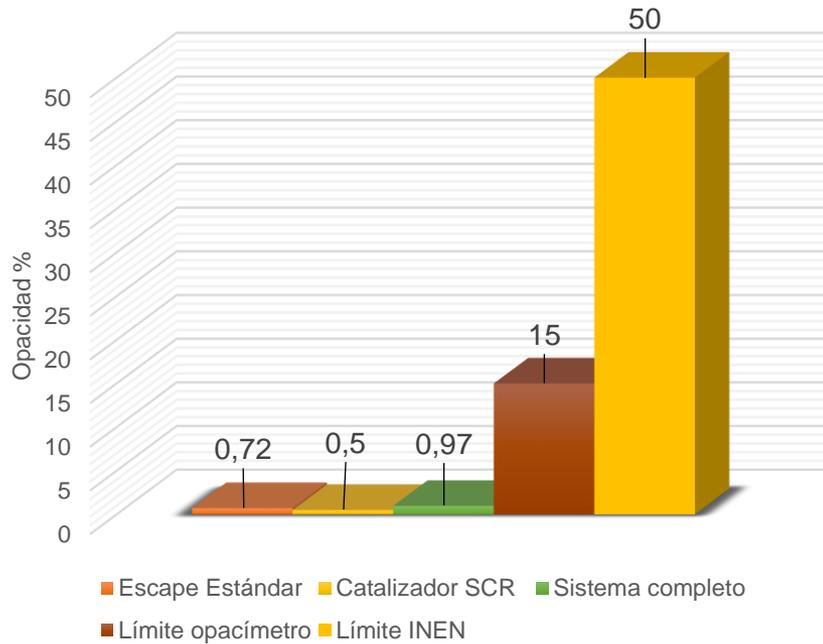


Con accesorios

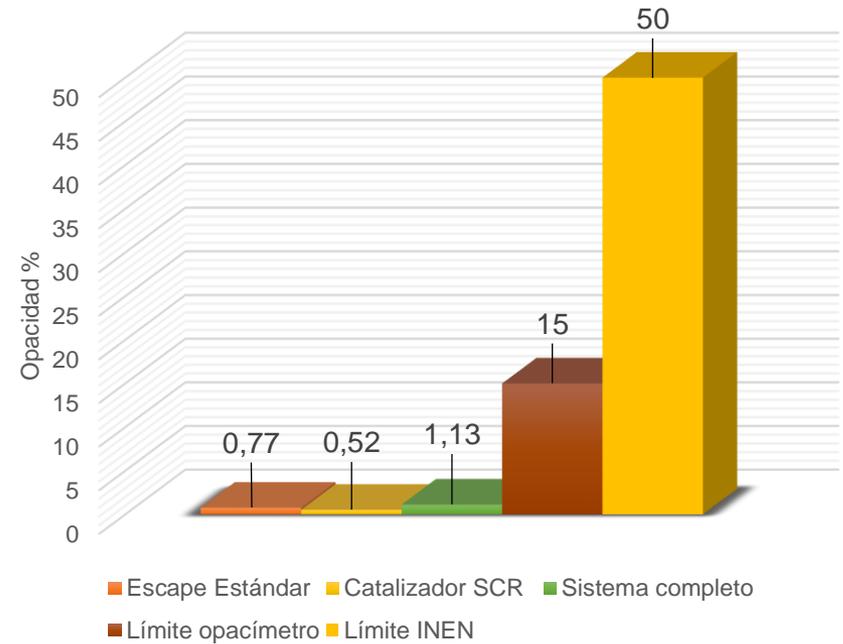


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Media Mañana



Sin accesorios

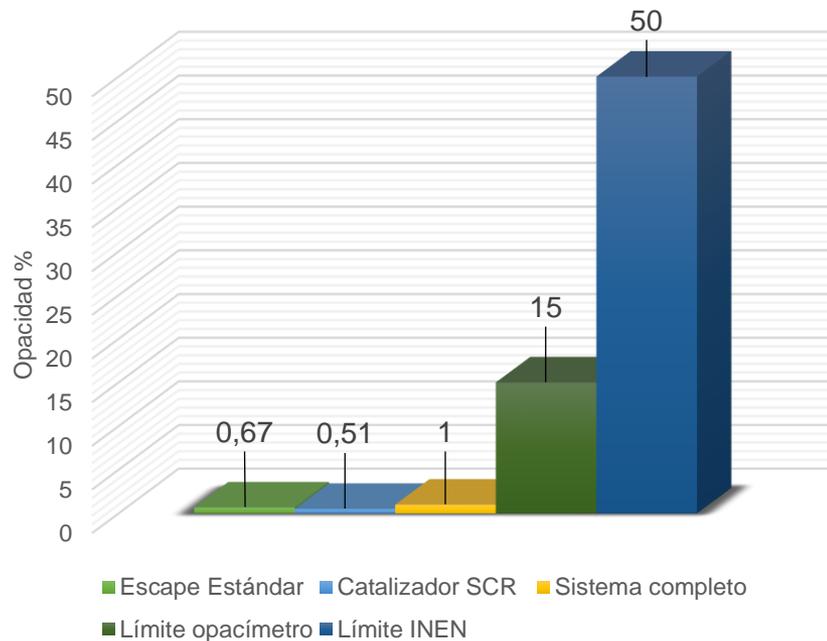


Con accesorios

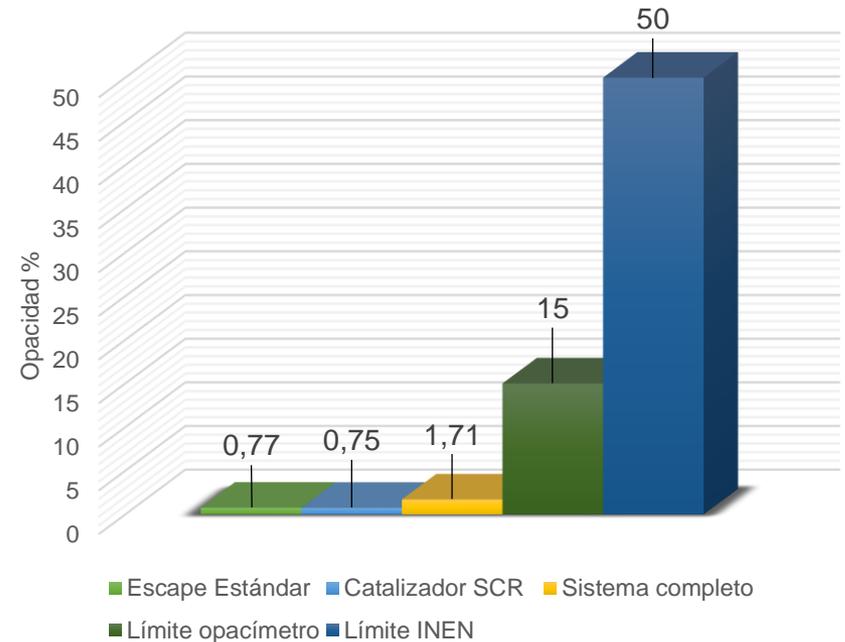


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Tarde



Sin accesorios

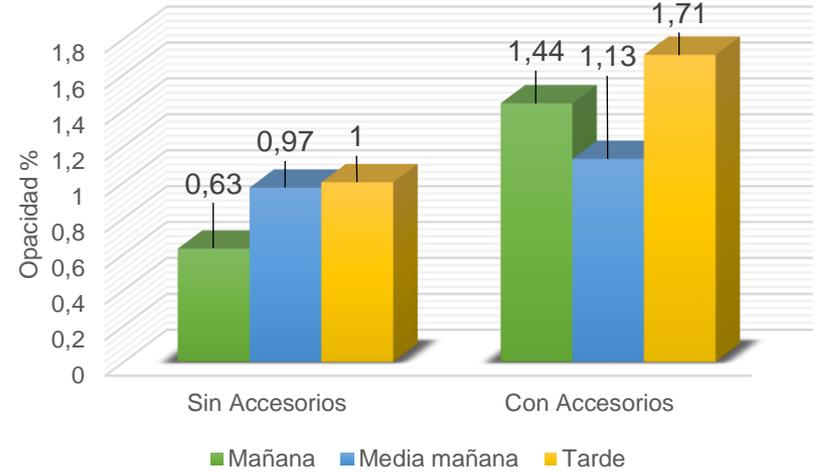
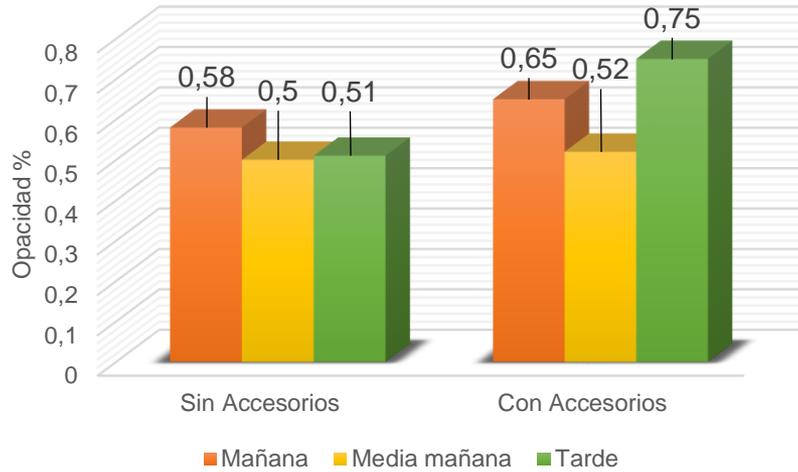


Con accesorios

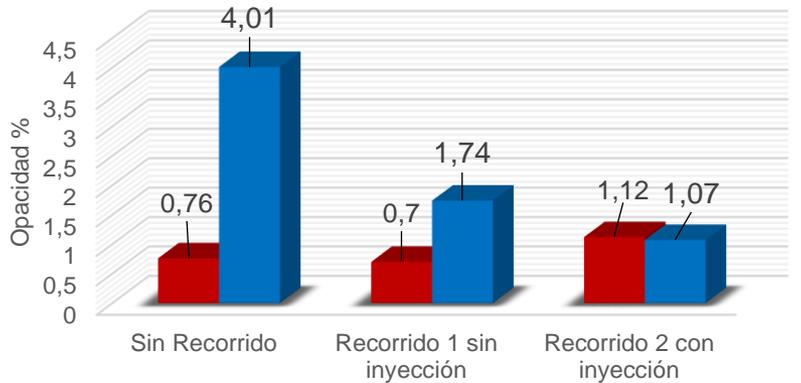


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR CONDICIÓN

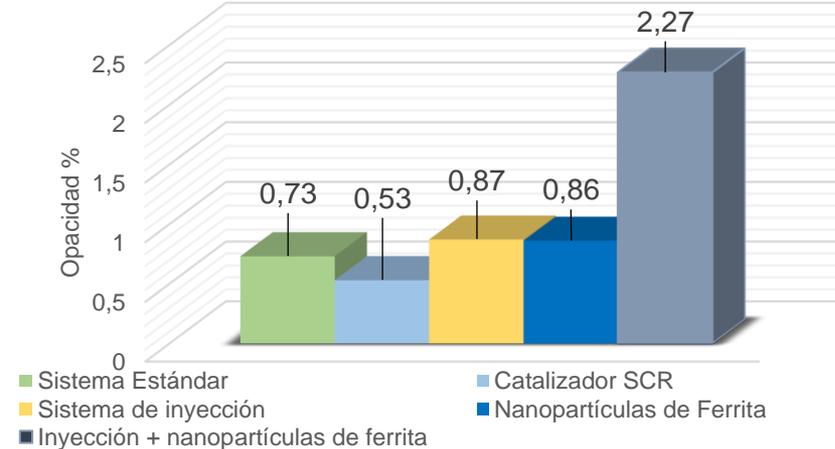


Catalizador SCR



■ Con sistema de inyección desactivado ■ Con sistema de inyección activado

Nanopartículas de ferrita



Resultados finales



PRUEBAS

EMISION DE GASES

- Las pruebas de emisiones de gases contaminantes en el vehículo de prueba, se las realizan en base a los protocolos estandarizados por las normas NTE INEN 2202:2013 y 2207:2202 tratados principalmente por ensayos de aceleración libre.



PRUEBAS

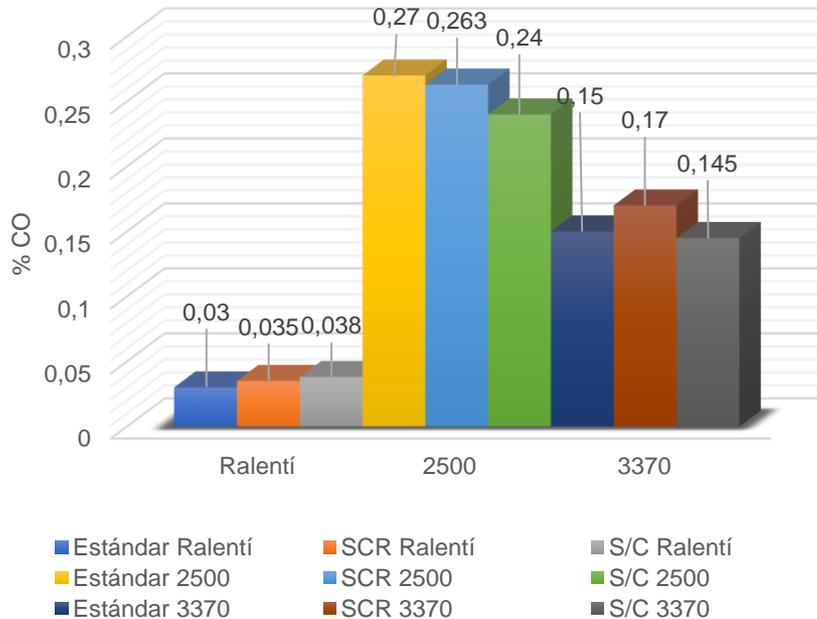
RESULTADOS DE CO

CO (%Vol)												
		M1 ¹⁶			M2 ¹⁷			T1 ¹⁸			N.F. ¹⁰	
	RPM	E. STD. ⁷	C. SCR ⁸	S.C. ⁹	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.		
KM 1 ¹	Idle	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03		Idle 0,03
	S/A ⁵	2500	0,27	0,26	0,25	0,27	0,28	0,23	0,30	0,26	0,23	S/I ¹⁴ 2500 0,24
		3370	0,15	0,15	0,15	0,17	0,16	0,14	0,16	0,16	0,13	3370 0,15
	Idle	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03		S/R ¹¹ Idle 0,04
	C/A ⁶	2500	0,10	0,21	0,17	0,17	0,21	0,21	0,20	0,2	0,17	C/I ¹⁵ 2500 0,24
		3370	0,04	0,12	0,10	1,12	0,11	0,10	0,12	0,12	0,10	3370 0,13
KM 2 ²	Idle		0,04	0,03		0,04	0,03		0,04	0,04		Idle 0,04
	S/A	2500		0,28	0,23		0,26	0,18		0,25	0,20	S/I 2500 0,24
		3370		0,18	0,14		0,17	0,13		0,16	0,13	3370 0,14
	Idle		0,04	0,04		0,03	0,03		0,04	0,03		R 1 ¹² Idle 0,03
	C/A	2500		0,22	0,18		0,23	0,16		0,21	0,15	C/I 2500 0,23
		3370		0,13	0,11		0,12	0,09		0,13	0,10	3370 0,13
KM 3 ³	Idle		0,03	0,04		0,04	0,03		0,04	0,03		Idle 0,04
	S/A	2500		0,27	0,24		0,28	0,17		0,23	0,22	S/I 2500 0,23
		3370		0,17	0,14		0,17	0,12		0,18	0,13	3370 0,15
	Idle		0,03	0,03		0,05	0,03		0,04	0,03		R 2 ¹³ Idle 0,05
	C/A	2500		0,20	0,18		0,22	0,12		0,16	0,17	C/I 2500 0,14
		3370		0,13	0,11		0,15	0,09		0,12	0,09	3370 0,09
KM4 ⁴	Idle		0,04	0,04		0,04	0,04		0,04	0,04		
	S/A	2500		0,24	0,24		0,26	0,25		0,24	0,24	
		3370		0,18	0,15		0,16	0,14		0,13	0,15	
	Idle		0,04	0,04		0,04	0,03		0,04	0,04		
	C/A	2500		0,21	0,20		0,22	0,18		0,17	0,18	
		3370		0,14	0,09		0,09	0,10		0,12	0,11	
PROM	Idle		0,035	0,038		0,040	0,035		0,040	0,035	0,038	0,036
	S/A	2500		0,263	0,240		0,270	0,208		0,245	0,223	0,26
		3370		0,170	0,145		0,165	0,133		0,158	0,135	0,16
	Idle		0,038	0,038		0,038	0,030		0,040	0,033	0,039	0,034
	C/A	2500		0,210	0,183		0,220	0,168		0,185	0,168	0,21
		3370		0,130	0,103		0,118	0,095		0,123	0,100	0,12
											PROMEDIO TOTAL	
											C. SCR	S.C

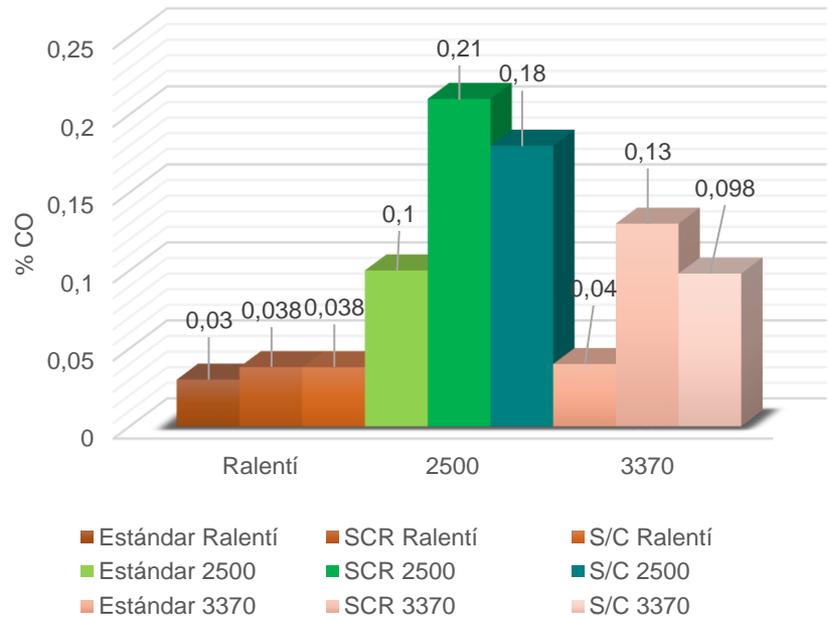


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Mañana



Sin accesorios

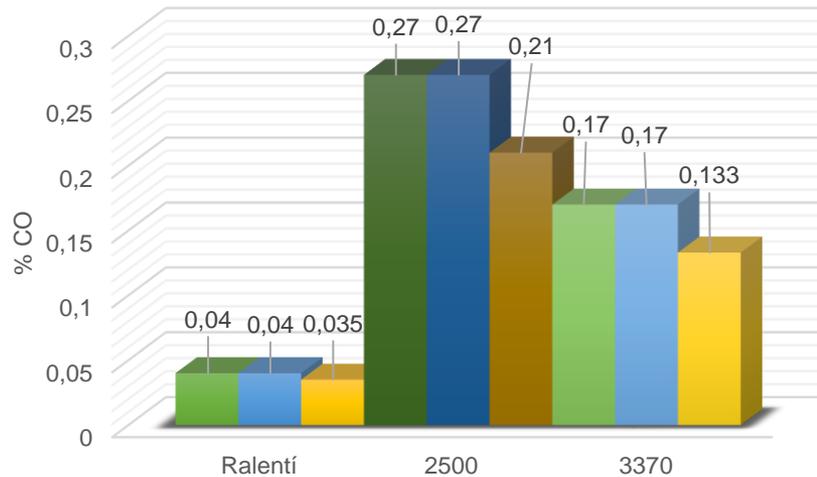


Con accesorios



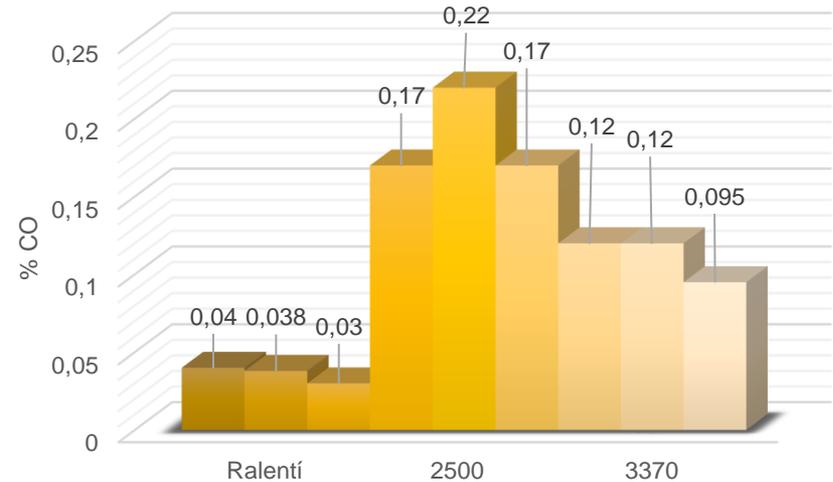
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Media Mañana



■ Estándar Ralentí ■ SCR Ralentí ■ S/C Ralentí
■ Estándar 2500 ■ SCR 2500 ■ S/C 2500
■ Estándar 3370 ■ SCR 3370 ■ S/C 3370

Sin accesorios



■ Estándar Ralentí ■ SCR Ralentí ■ S/C Ralentí
■ Estándar 2500 ■ SCR 2500 ■ S/C 2500
■ Estándar 3370 ■ SCR 3370 ■ S/C 3370

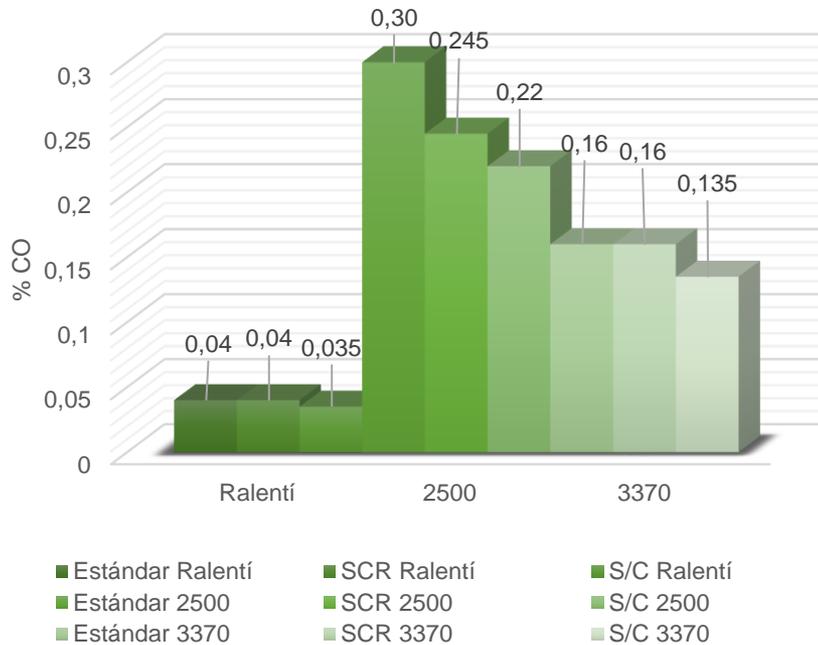
Con accesorios



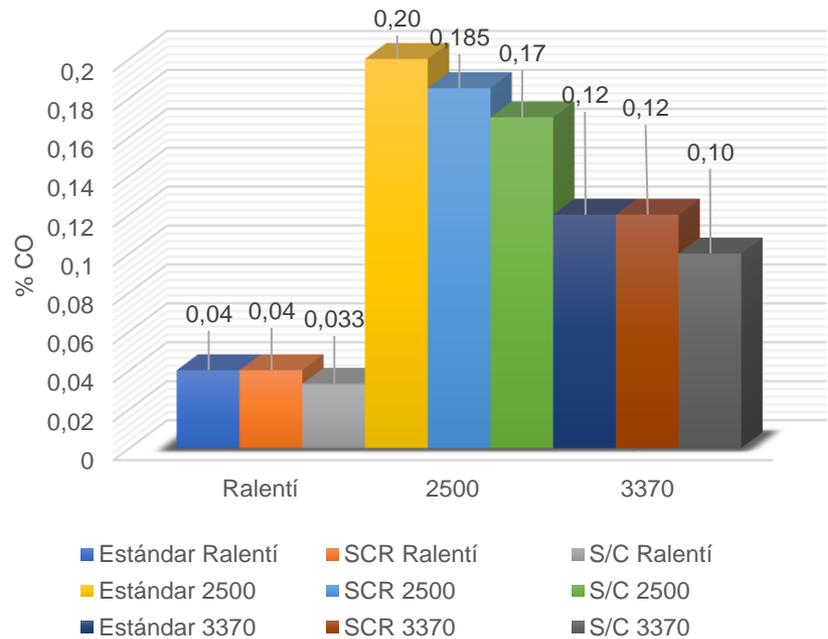
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO

Horario de la Tarde



Sin accesorios



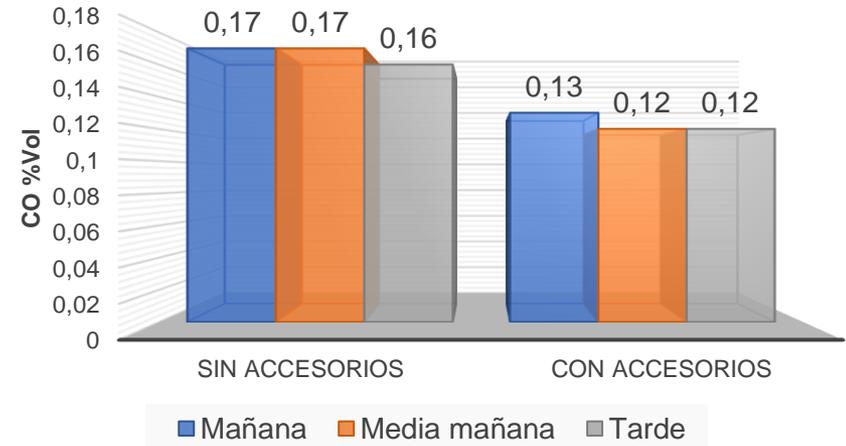
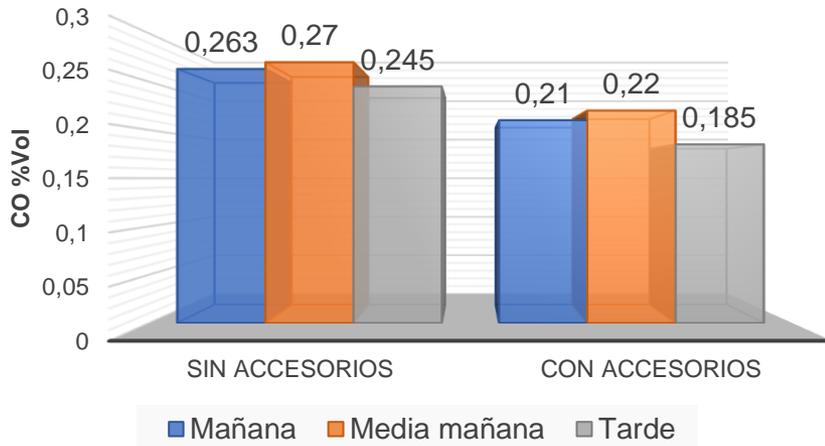
Con accesorios



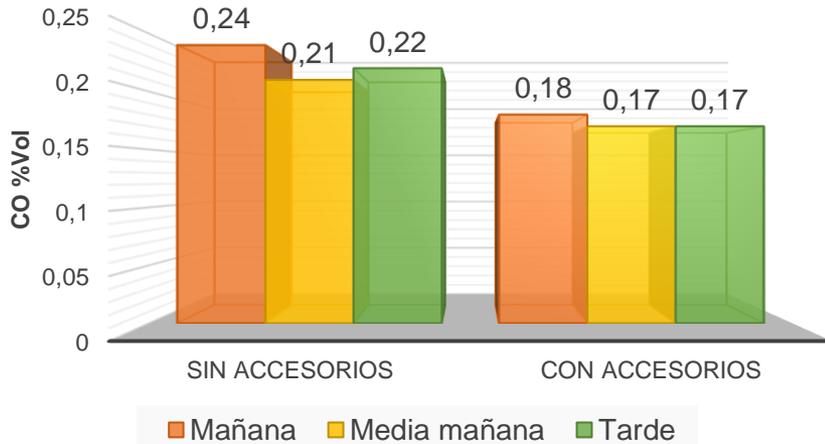
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR CONDICIÓN

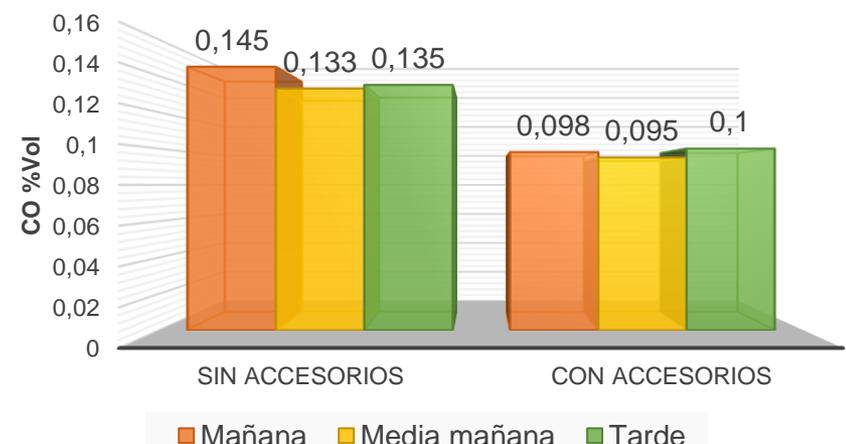
Catalizador SCR



2500 RPM



3370 RPM

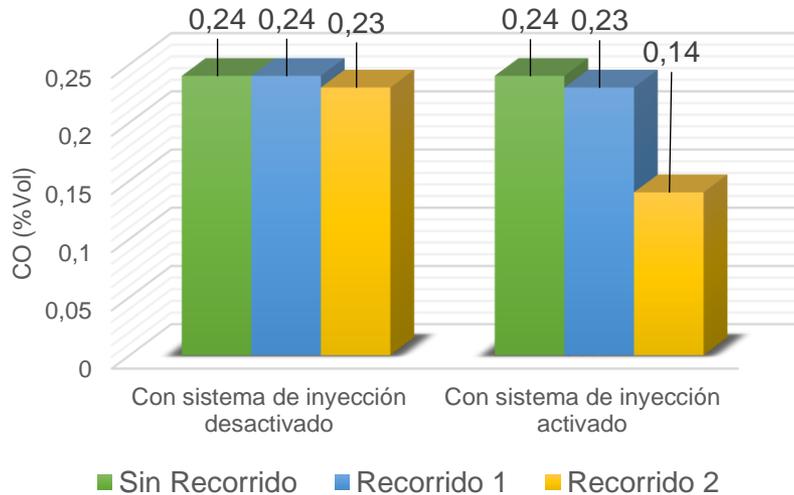


Inyección AdBlue

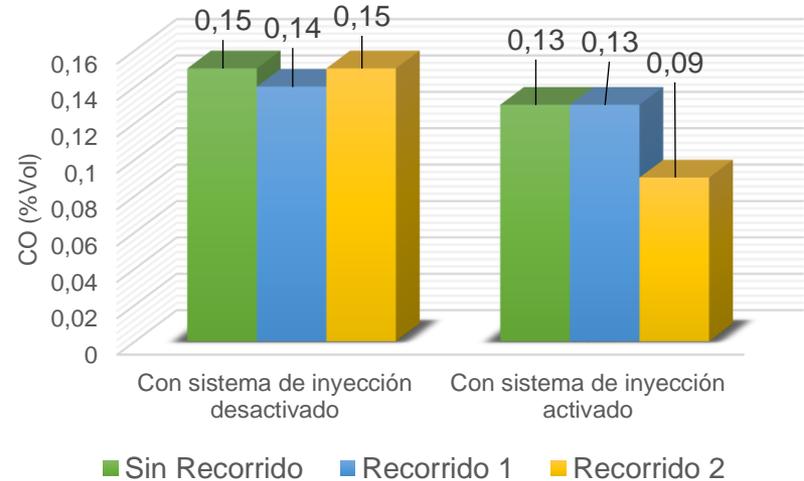


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS CON NANOPARTÍCULAS DE FERRITA

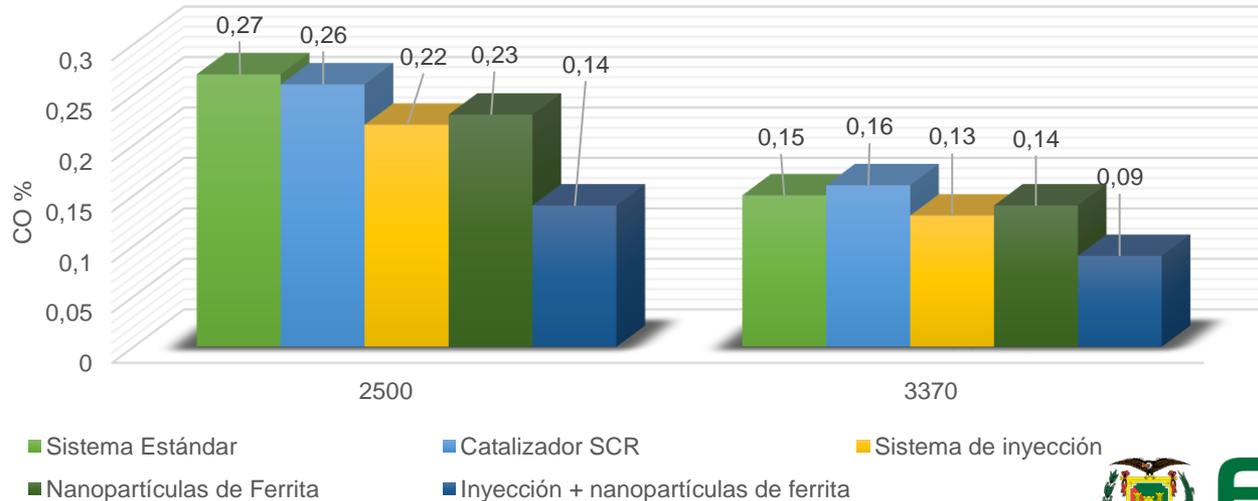


2500 RPM



3370 RPM

Análisis Final



PRUEBAS

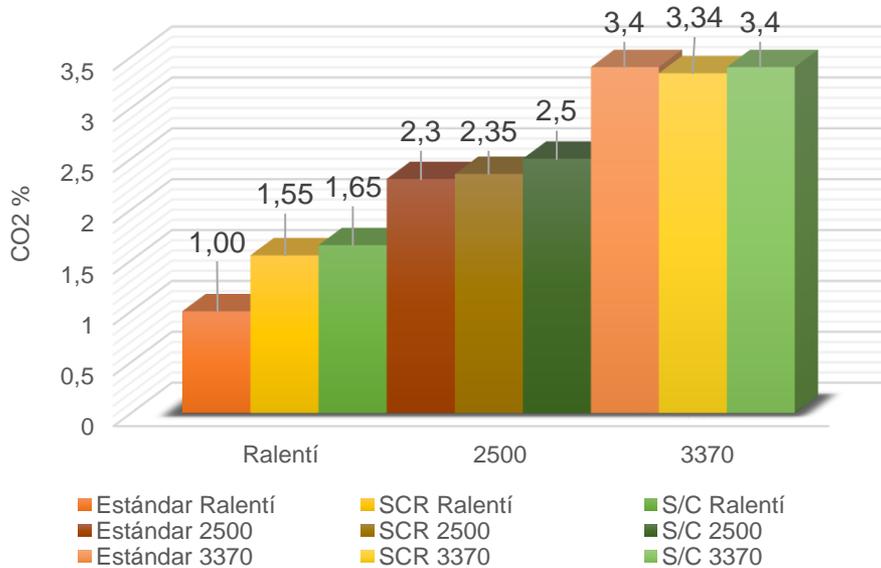
RESULTADOS DE CO2

		CO2 (%Vol)													
		M1			M2			T1				N.F. ¹⁰			
		rpm	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.				
KM 1	S/A	Idle	1,00	1,50	1,60	1,60	1,60	1,70	1,90	1,70	1,60	S/R	Idle	1,70	
		2500	2,30	2,30	2,50	2,40	2,30	2,40	2,40	2,40	2,40		S/D ¹⁴	2500	2,60
		3370	3,40	3,30	3,40	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,40		3,40	3370	3,50
	C/A	Idle	2,50	2,10	2,70	2,60	2,60	2,70	2,60	2,70	2,80		Idle	1,70	
		2500	3,10	2,70	2,70	2,90	2,50	2,60	2,70	2,90	2,90		S/A ¹⁵	2500	2,60
		3370	4,10	3,40	3,60	3,70	3,50	3,60	3,60	3,70	3,70		3370	3,60	
KM 2	S/A	Idle		1,50	1,70		1,70	1,70		1,70	1,80	R 1	Idle	1,90	
		2500		2,40	2,60		2,30	3,00		2,50	2,60		S/D	2500	2,60
		3370		3,30	3,40		3,40	3,40		3,40	3,40		3370	3,60	
	C/A	Idle		2,20	2,80		2,50	2,80		2,70	2,70		Idle	1,60	
		2500		2,60	2,90		2,50	3,00		2,80	3,10		S/A	2500	2,60
		3370		3,30	3,80		3,40	3,80		3,70	3,80		3370	3,70	
KM 3	S/A	Idle		1,60	1,70		1,60	2,10		1,70	1,80	R 2	Idle	1,70	
		2500		2,30	2,50		2,40	2,90		2,50	2,60		S/D	2500	2,70
		3370		3,30	3,40		3,40	3,40		3,40	3,40		3370	3,70	
	C/A	Idle		2,60	2,80		2,70	2,80		2,70	2,80		Idle	1,80	
		2500		2,80	2,90		2,90	2,90		2,90	2,90		S/A	2500	3,00
		3370		3,60	3,70		3,70	3,70		3,70	3,70		3370	4,00	
KM 4	S/A	Idle		1,60	1,60		1,70	1,70		1,70	1,70	PROMEDIO TOTAL			
		2500		2,40	2,40		2,50	2,50		2,50	2,50		C.SCR	S.C.	
		3370		3,40	3,40		3,40	3,40		3,30	3,40				
	C/A	Idle		2,80	2,80		2,80	2,90		2,80	2,90				
		2500		2,90	2,90		2,70	2,90		3,10	2,90				
		3370		3,70	3,60		3,90	3,80		3,80	3,80				
PROM	S/A	Idle		1,550	1,650		1,650	1,800		1,700	1,725		1,63	1,73	
		2500		2,350	2,500		2,375	2,700		2,475	2,525		2,40	2,58	
		3370		3,325	3,400		3,375	3,375		3,375	3,400		3,36	3,39	
	C/A	Idle		2,425	2,775		2,650	2,800		2,725	2,800		2,60	2,79	
		2500		2,750	2,850		2,650	2,850		2,925	2,950		2,78	2,88	
		3370		3,500	3,675		3,625	3,725		3,725	3,750		3,62	3,72	

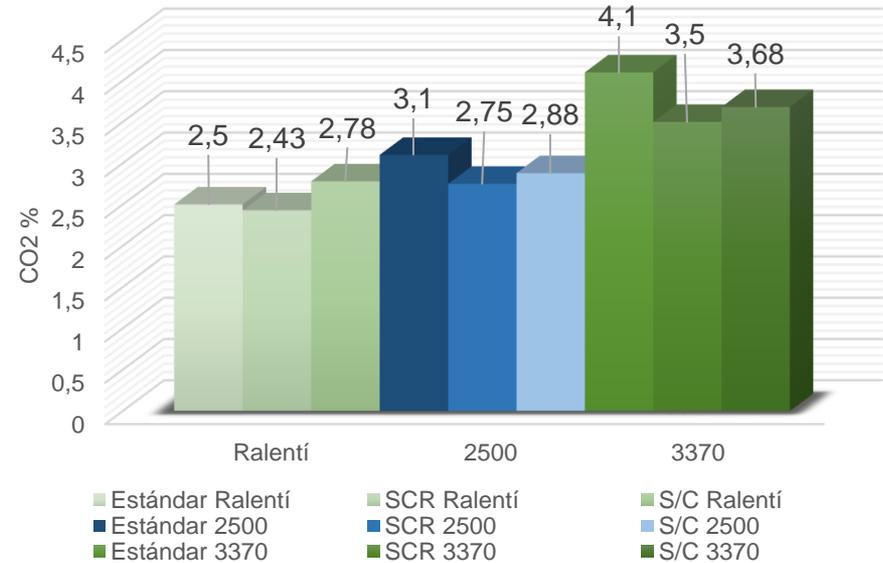


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Mañana



Sin accesorios

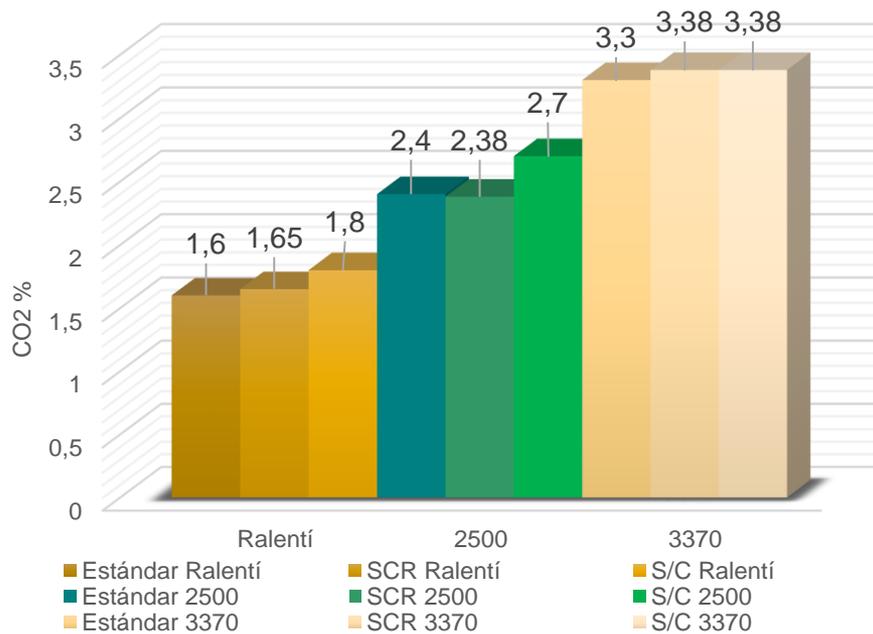


Con accesorios

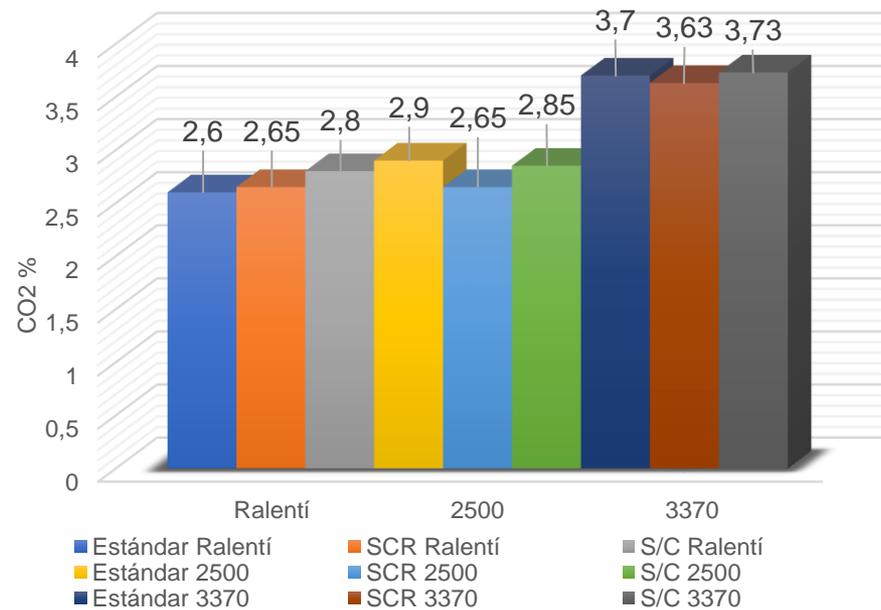


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Media Mañana



Sin accesorios

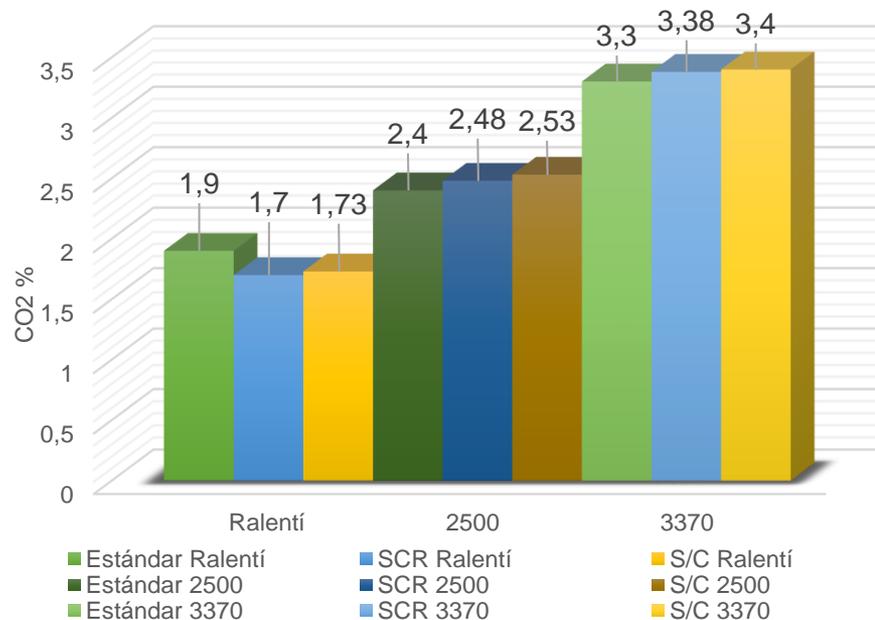


Con accesorios

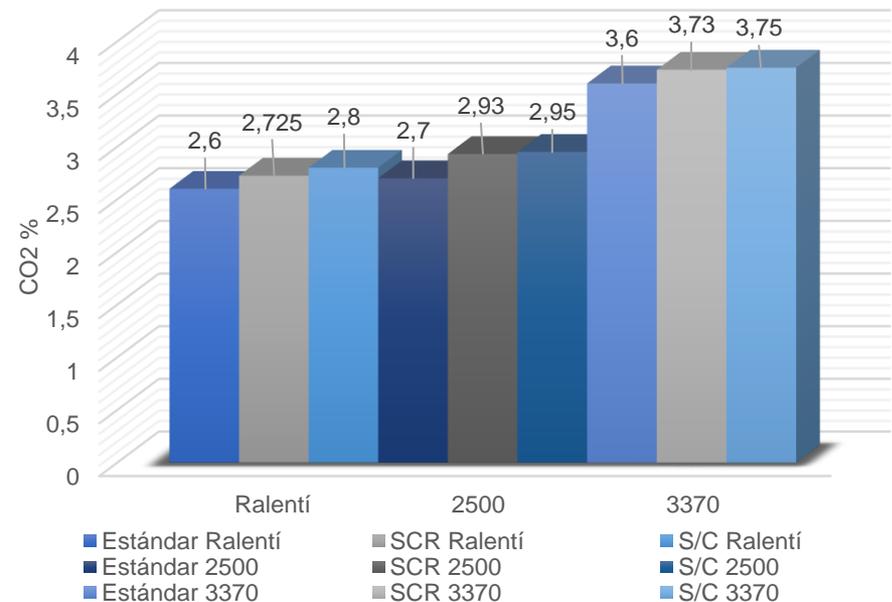


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Tarde



Sin accesorios



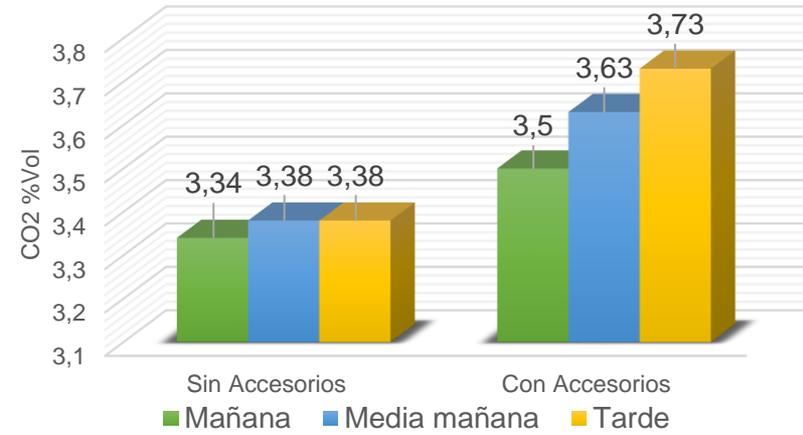
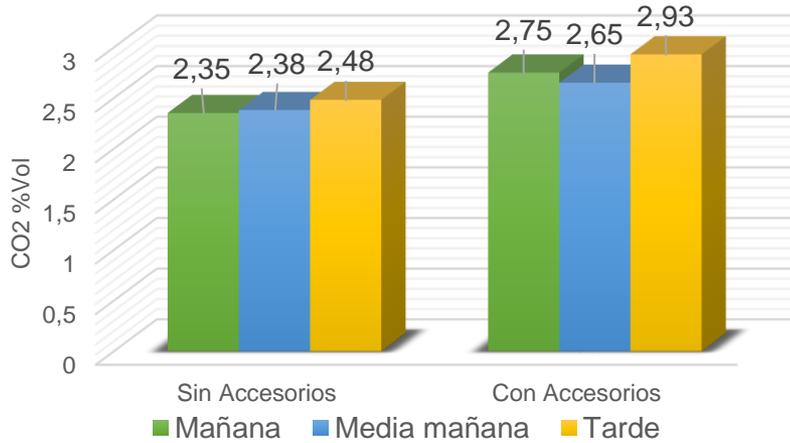
Con accesorios



ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR CONDICIÓN

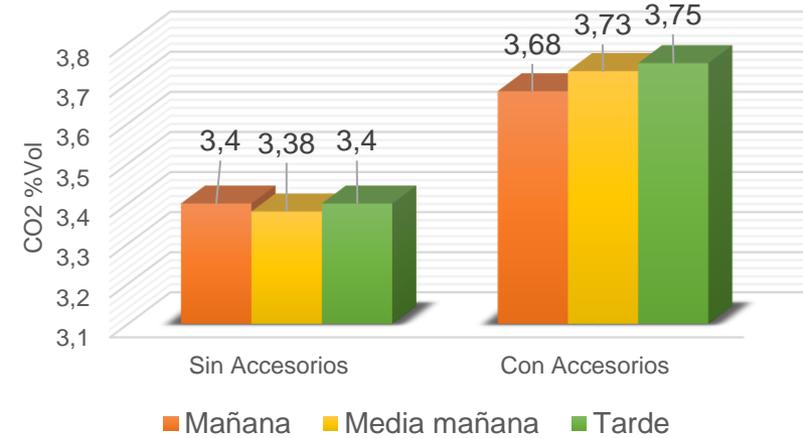
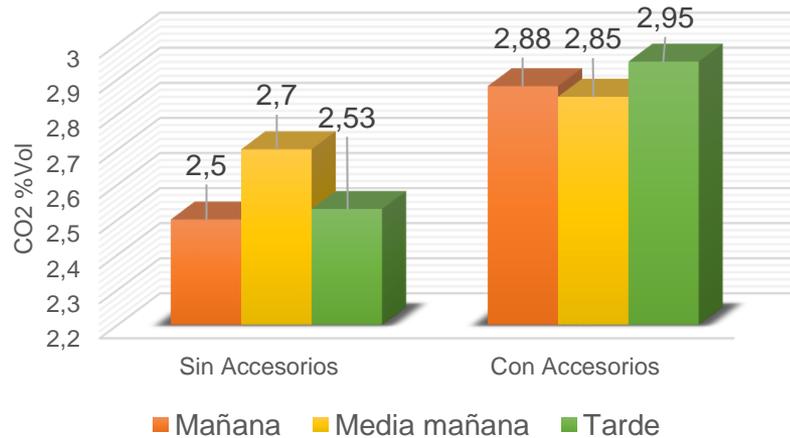
Catalizador SCR



2500 RPM

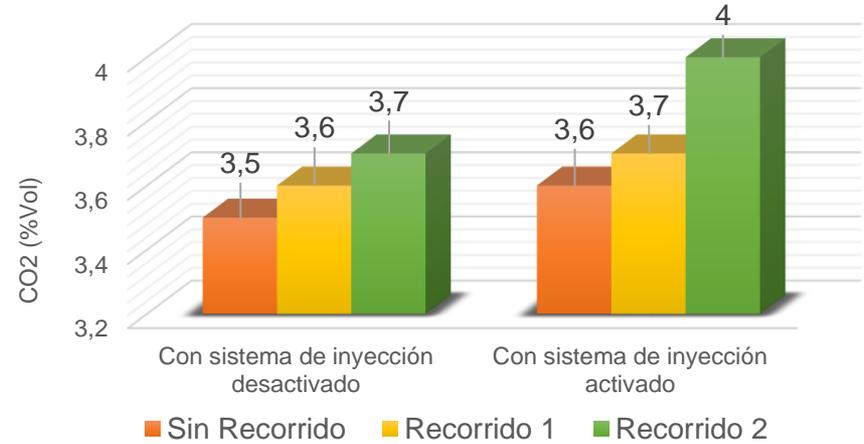
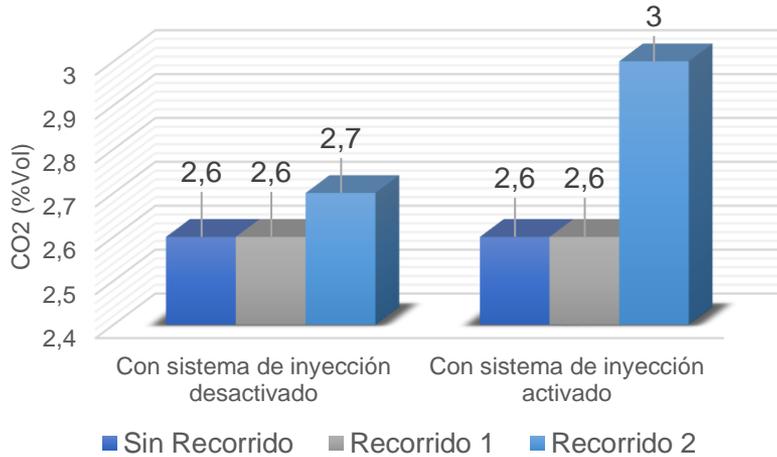
3370 RPM

Inyección AdBlue



ANÁLISIS DE RESULTADOS

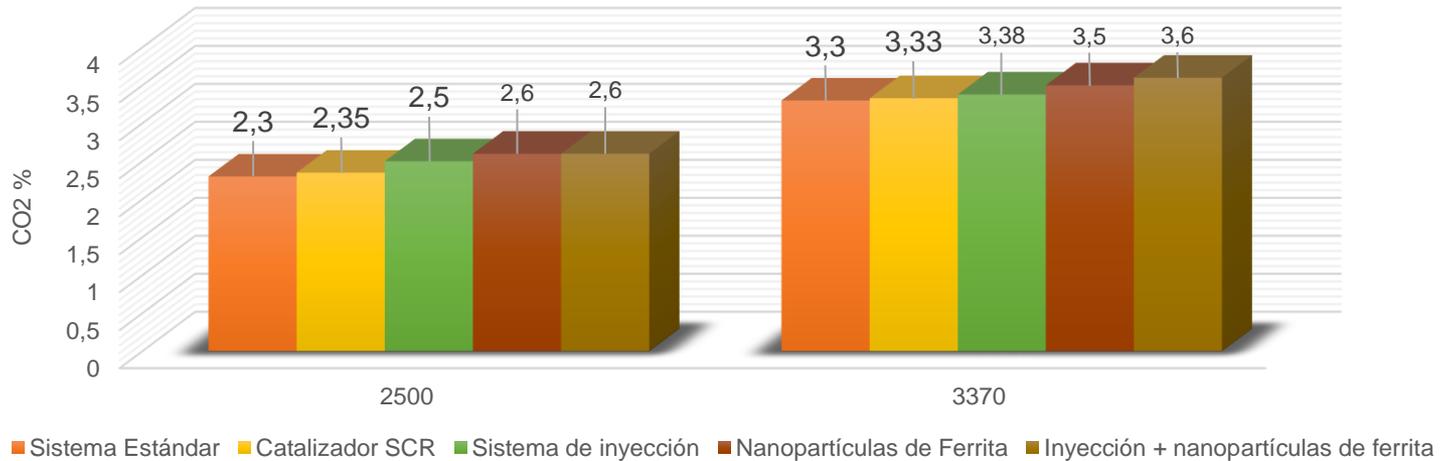
ANÁLISIS CON NANOPARTÍCULAS DE FERRITA



2500 RPM

3370 RPM

Análisis Final



PRUEBAS

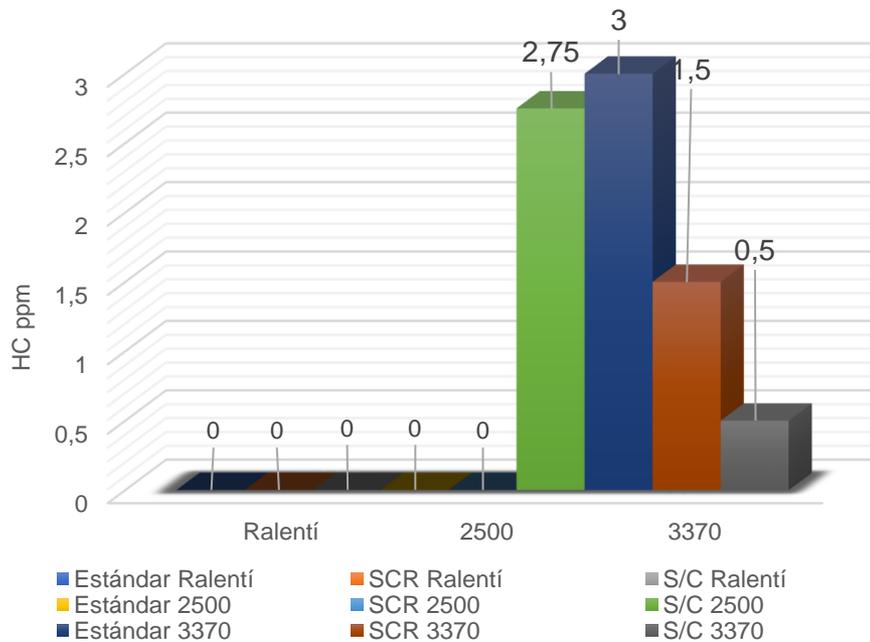
RESULTADOS DE HC

HC (ppm Vol)													
		M1			M2			T1			N.F.		
	rpm	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.			
KM 2	2500	0	0	8	7	0	6	0	0	0		2500	6
	3370	3	2	1	1	1	2	3	0	1		3370	0
	Ralentí	0	0	0	0	3	0	1	0	2	S/R	Ralentí	0
	C/A 2500	5	1	7	1	5	1	5	1	0		S/A ¹⁵ 2500	0
	C/A 3370	5	1	1	0	1	0	1	1	2		S/A ¹⁵ 3370	1
	Ralentí		0	0		0	0		0	0		Ralentí	0
KM 2	S/A 2500		0	2		0	1		0	2		S/D 2500	3
	S/A 3370		0	0		1	0		1	1		S/D 3370	0
	Ralentí		0	0		0	0		0	0	R 1	Ralentí	0
	C/A 2500		1	0		1	1		1	0		S/A 2500	6
	C/A 3370		1	6		1	0		1	0		S/A 3370	1
	Ralentí		0	0		0	0		0	0		Ralentí	0
KM 3	S/A 2500		0	1		0	2		0	3		S/D 2500	2
	S/A 3370		2	0		0	2		0	1		S/D 3370	0
	Ralentí		0	1		0	1		3	1	R 2	Ralentí	0
	C/A 2500		5	2		0	2		4	1		S/A 2500	0
	C/A 3370		5	0		0	1		3	1		S/A 3370	0
	Ralentí		0	0		0	0		0	0		Ralentí	0
KM 4	S/A 2500		0	0		0	9		5	0			
	S/A 3370		2	1		0	8		0	3			
	Ralentí		0	0		1	6		1	0			
	C/A 2500		2	0		2	7		1	1			
	C/A 3370		1	2		4	5		1	1			
	Ralentí		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00			
PROM	S/A 2500		0,00	2,75		0,00	4,50		1,25	1,25		0,42	2,83
	S/A 3370		1,50	0,50		0,50	3,00		0,25	1,50		0,75	1,67
	C/A Idle		0,00	0,25		1,00	1,75		1,00	0,75		0,67	0,92
	C/A 2500		2,25	2,25		2,00	2,75		1,75	0,50		2,00	1,83
											PROMEDIO TOTAL		
											C.SCR	S.C.	

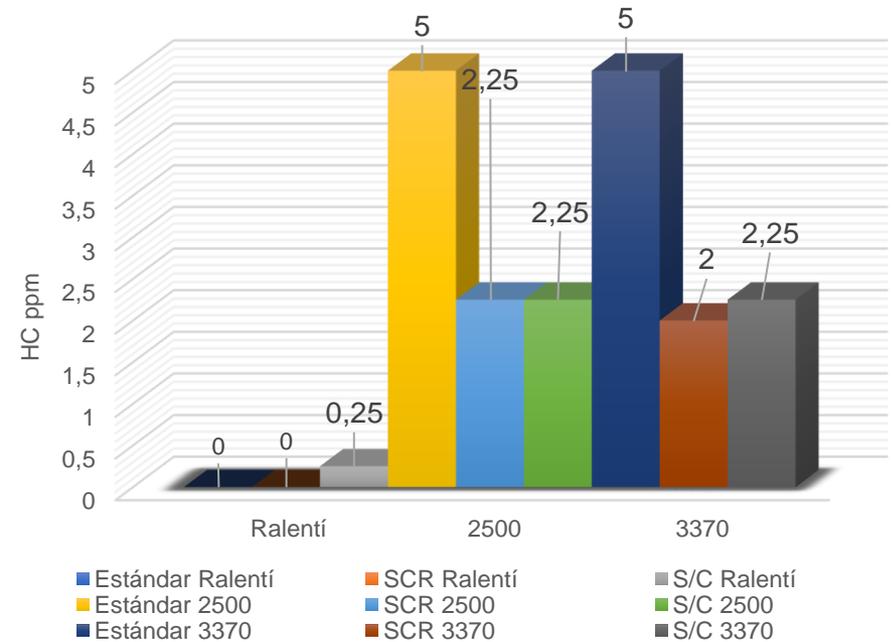


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Mañana



Sin accesorios

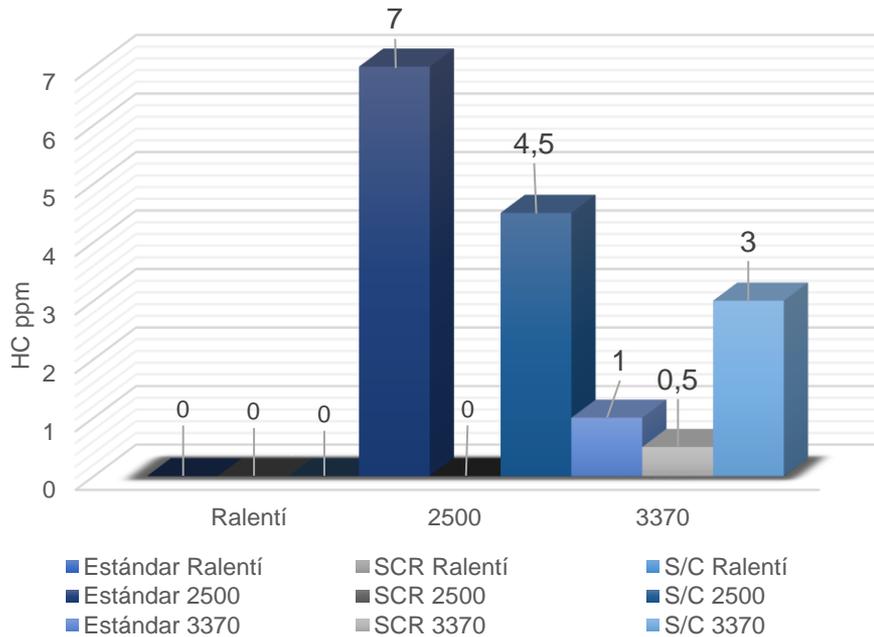


Con accesorios

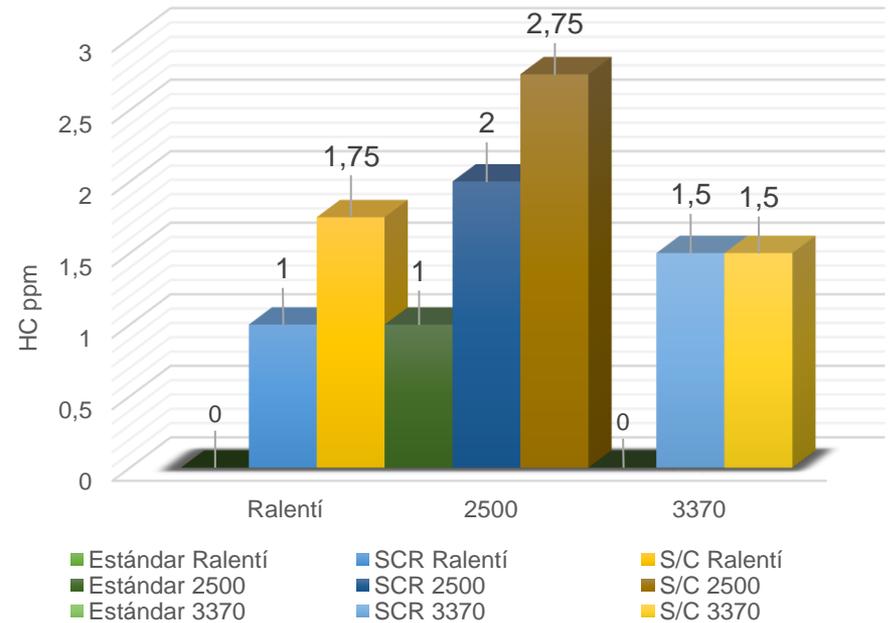


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Media Mañana



Sin accesorios



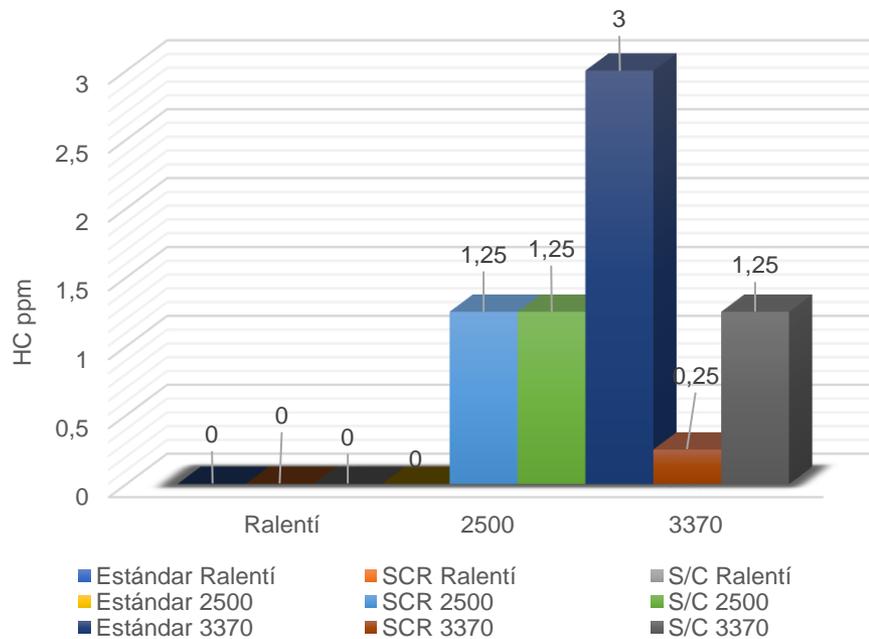
Con accesorios



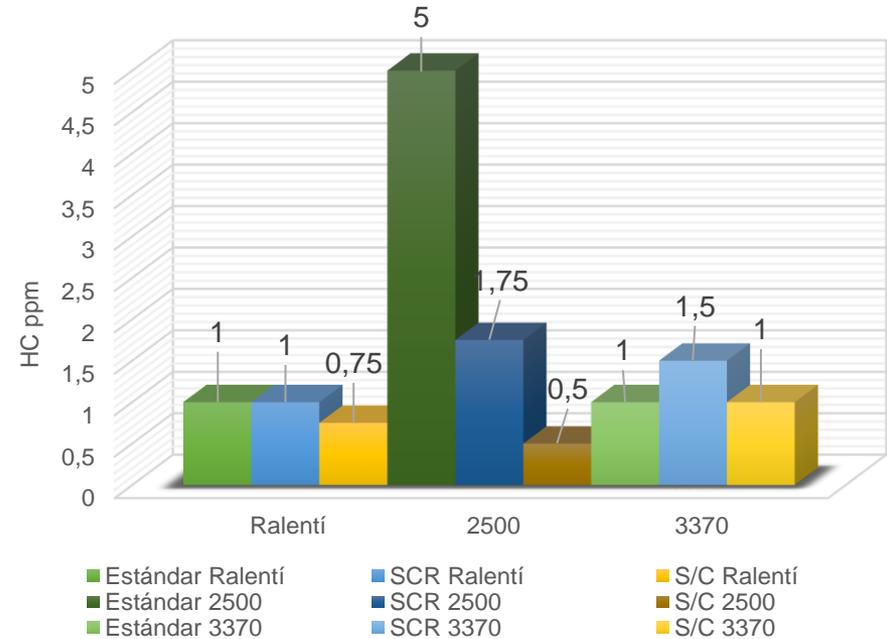
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO

Horario de la Tarde



Sin accesorios



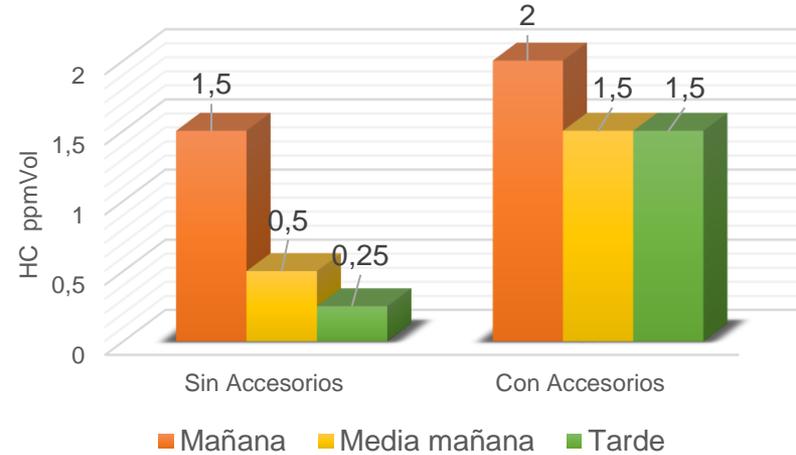
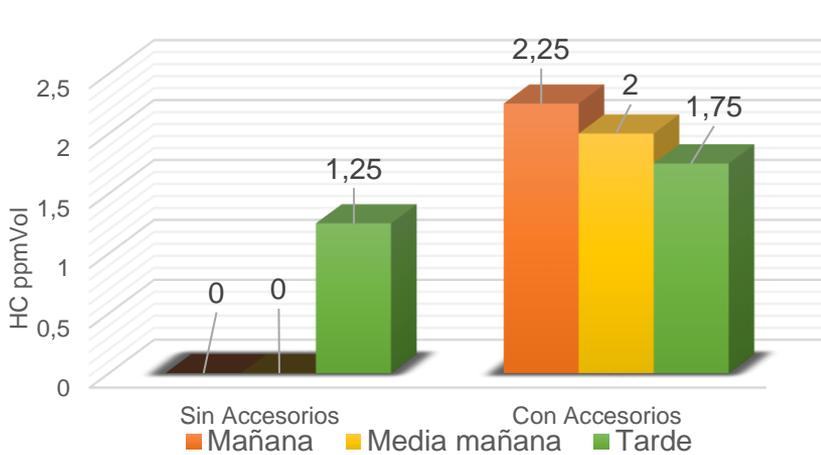
Con accesorios



ANÁLISIS DE RESULTADOS

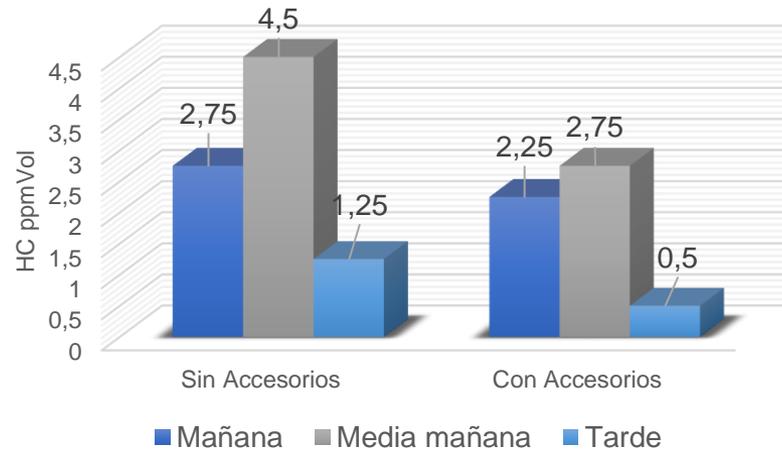
ANÁLISIS POR CONDICIÓN

Catalizador SCR

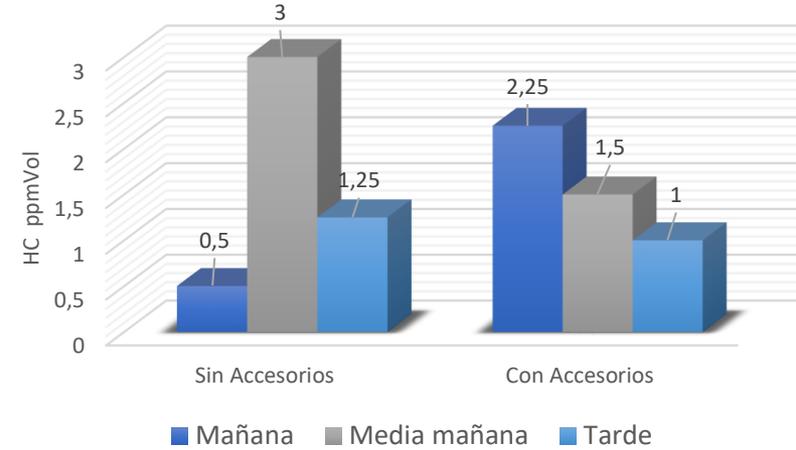


2500 RPM

Inyección AdBlue

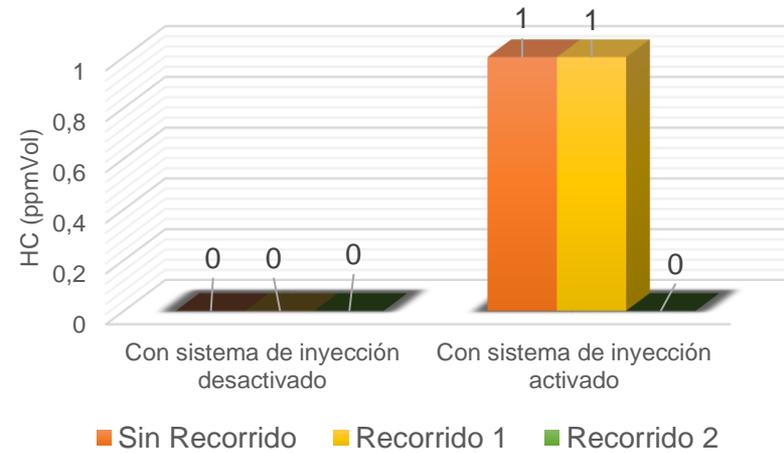
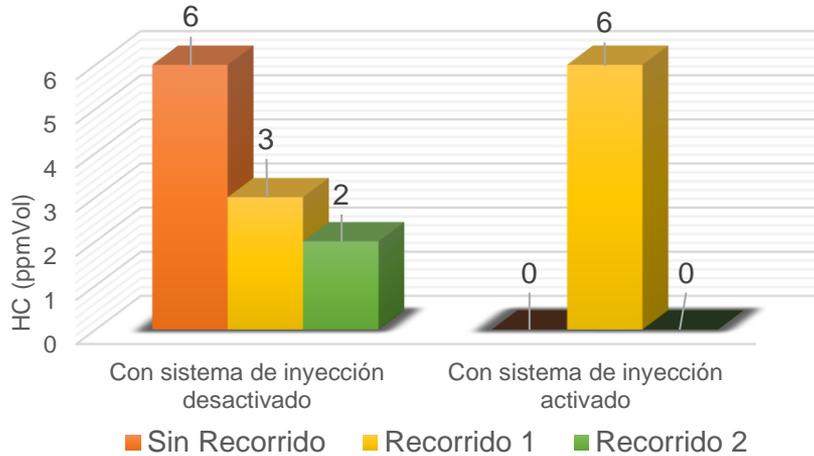


3370 RPM



ANÁLISIS DE RESULTADOS

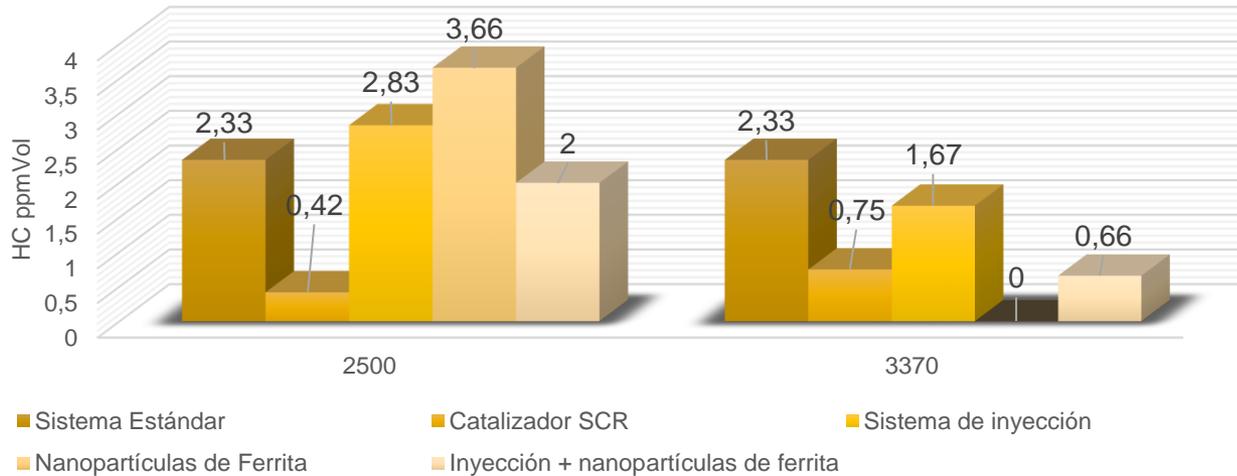
ANÁLISIS CON NANOPARTÍCULAS DE FERRITA



2500 RPM

3370 RPM

Análisis Final



PRUEBAS

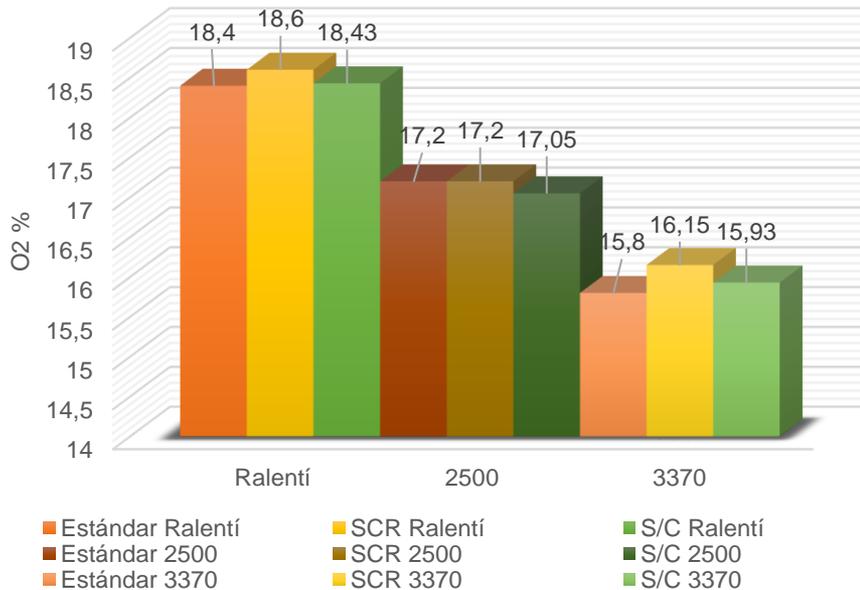
RESULTADOS DE O2

O2 (% Vol)														
			M1			M2			T1			N.F. ¹⁰		
	rpm	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.				
KM 1	Idle	18,40	18,60	18,50	18,40	18,50	18,50	18,40	18,50	18,60	S/D	Idle	18,4	
	S/A 2500	17,20	17,10	17,10	17,00	17,30	17,20	17,20	17,30	17,20		2500	16,9	
	3370	15,80	16,10	16,10	15,90	16,30	16,20	16,10	16,30	16,10		3370	15,8	
	Idle	17,50	16,90	17,10	17,10	17,30	17,20	17,30	17,30	16,90		S/R	Idle	18,3
	C/A 2500	16,60	16,90	16,80	16,60	16,90	16,90	17,00	16,90	16,70			2500	16,9
	3370	17,10	15,90	15,70	15,50	15,90	16,00	15,90	15,90	15,70			3370	15,8
KM 2	Idle		18,80	18,30		18,30	18,40		18,40	18,20	R 1	Idle	18,4	
	S/A 2500		17,20	16,90		17,10	16,60		17,10	16,80		2500	17	
	3370		16,30	15,80		16,00	16,00		16,20	15,80		3370	15,8	
	Idle		16,80	16,70		17,10	17,00		17,30	16,90		S/A	Idle	18,6
	C/A 2500		17,00	16,50		17,00	16,00		17,00	16,00			2500	16,9
	3370		15,90	15,50		16,10	15,70		15,80	15,40			3370	15,6
KM 3	Idle		18,50	18,40		18,60	12,90		18,40	18,50	R 2	Idle	18,3	
	S/A 2500		17,20	17,00		17,30	21,40		17,30	17,00		2500	16,9	
	3370		16,10	15,80		16,10	20,70		16,00	16,10		3370	15,7	
	Idle		17,20	16,60		17,20	21,80		17,20	17,10		S/A	Idle	18,3
	C/A 2500		16,80	11,70		16,60	21,40		16,70	16,70			2500	16,8
	3370		15,80	11,10		15,70	20,30		15,40	15,70			3370	15,7
KM 4	Idle		18,50	18,50		18,20	18,40		18,50	18,40	PROMEDIO TOTAL			
	S/A 2500		17,30	17,20		17,00	17,10		17,00	17,10		C.SCR	S.C.	
	3370		16,10	16,00		15,90	16,20		16,00	16,00				
	Idle		17,10	16,90		16,80	17,10		16,70	16,90				
	C/A 2500		16,50	16,60		16,50	16,90		15,90	16,60				
	3370		15,50	15,70		15,30	16,00		15,10	15,60				
PROM	Idle		18,60	18,43		18,40	17,05		18,45	18,43		18,48	17,97	
	S/A 2500		17,20	17,05		17,18	18,08		17,18	17,03		17,18	17,38	
	3370		16,15	15,93		16,08	17,28		16,13	16,00		16,12	16,40	
	Idle		17,00	16,83		17,10	18,28		17,13	16,95		17,08	17,35	
	C/A 2500		16,80	15,40		16,75	23,05		16,63	16,50		16,73	151,65	
	3370		15,78	14,50		15,75	17,00		15,55	15,60		15,69	15,70	

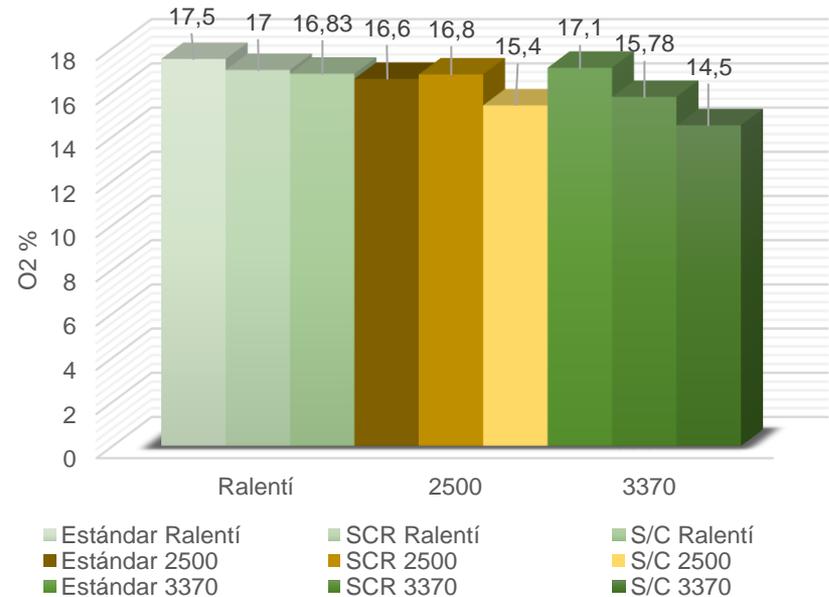


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Mañana



Sin accesorios

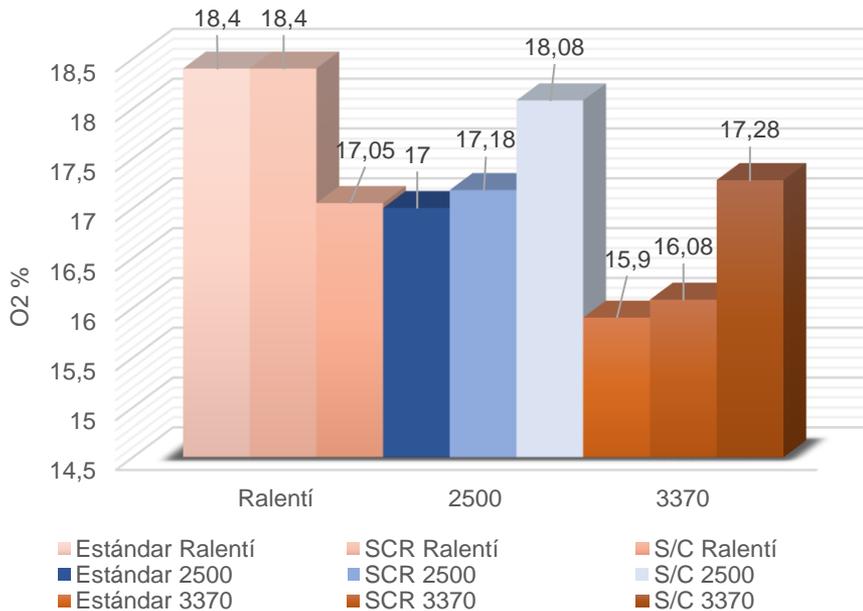


Con accesorios

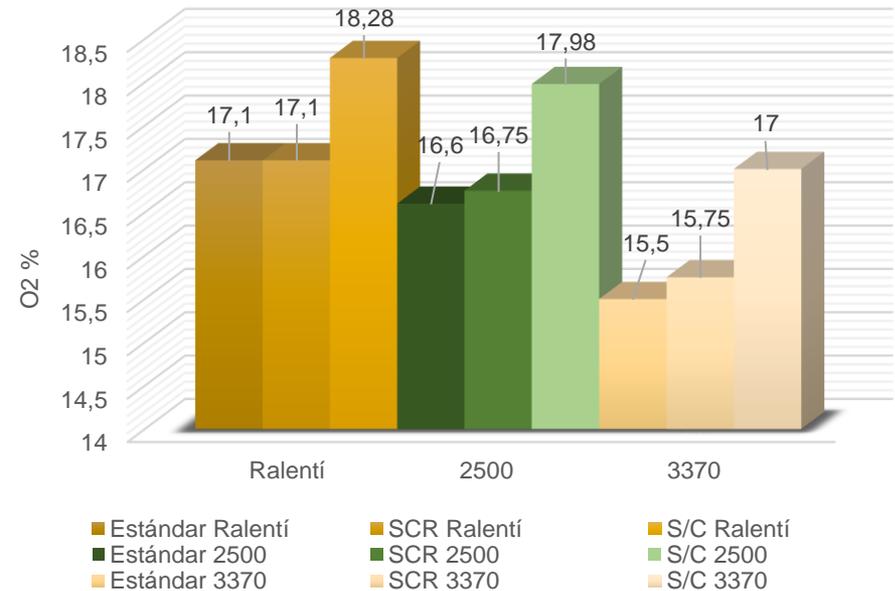


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Media Mañana



Sin accesorios

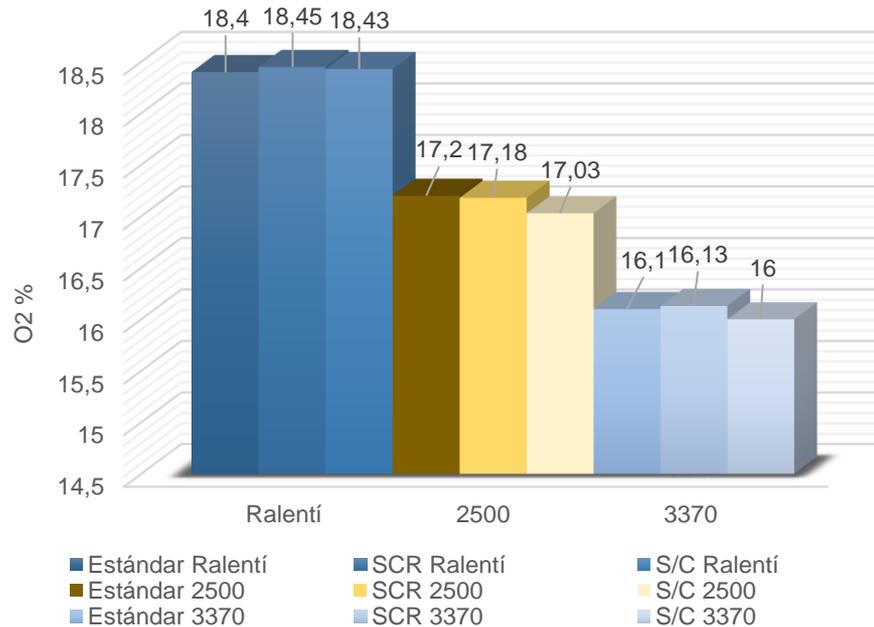


Con accesorios

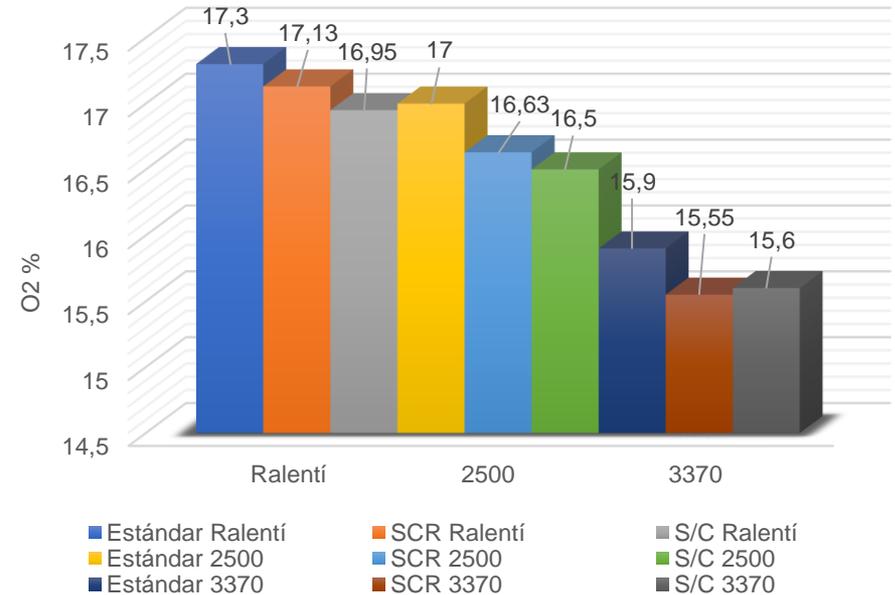


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Tarde



Sin accesorios



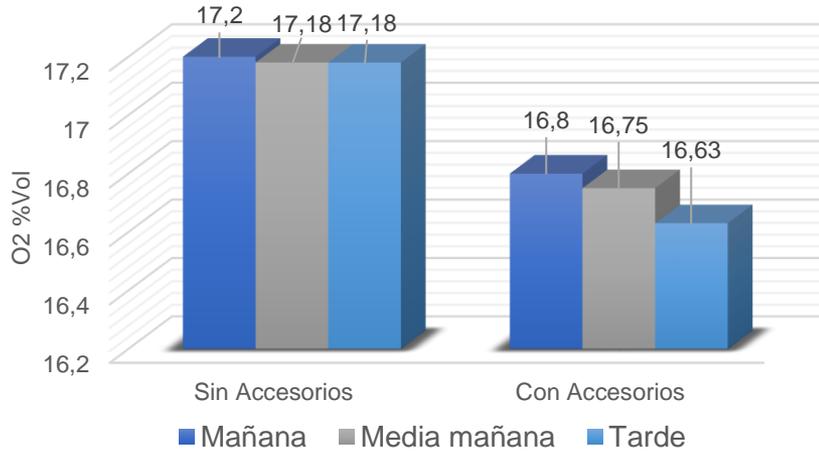
Con accesorios



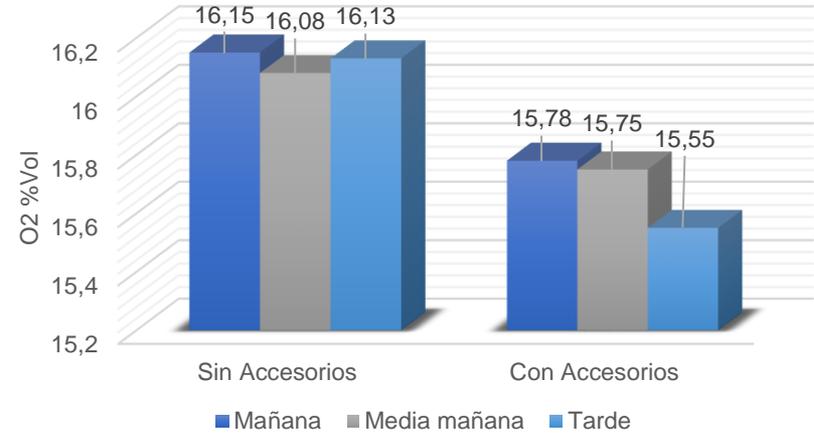
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR CONDICIÓN

Catalizador SCR

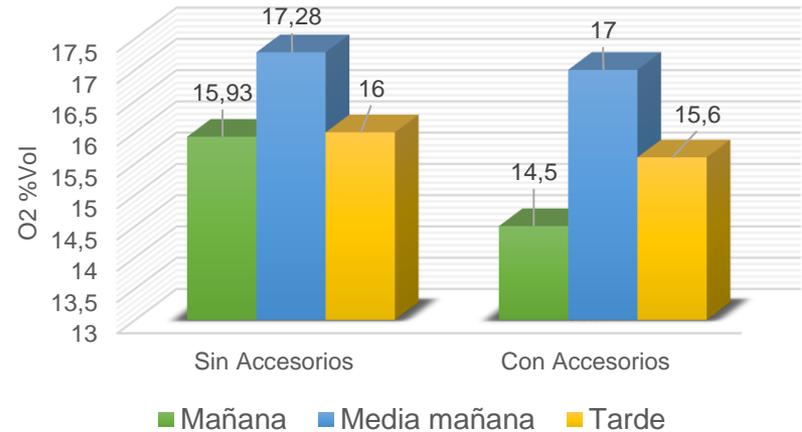
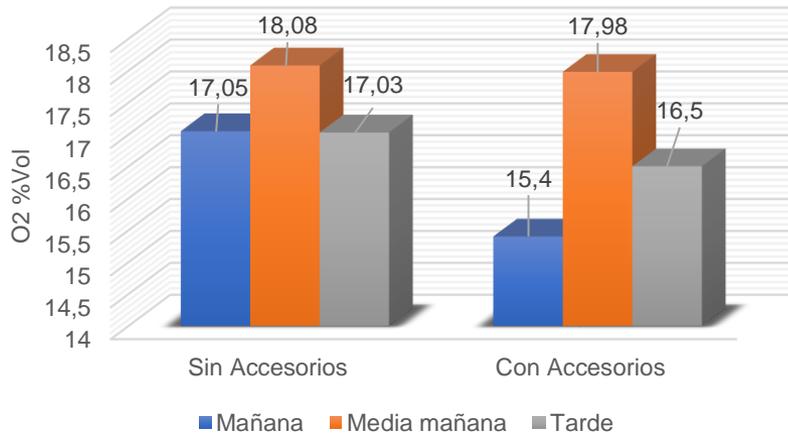


2500 RPM



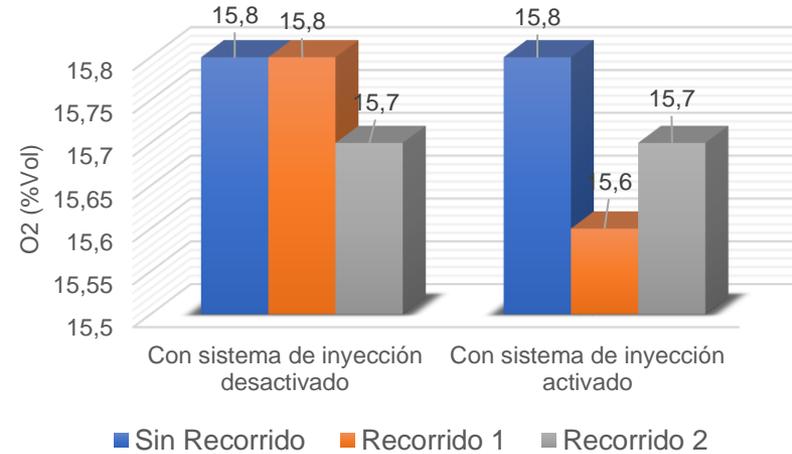
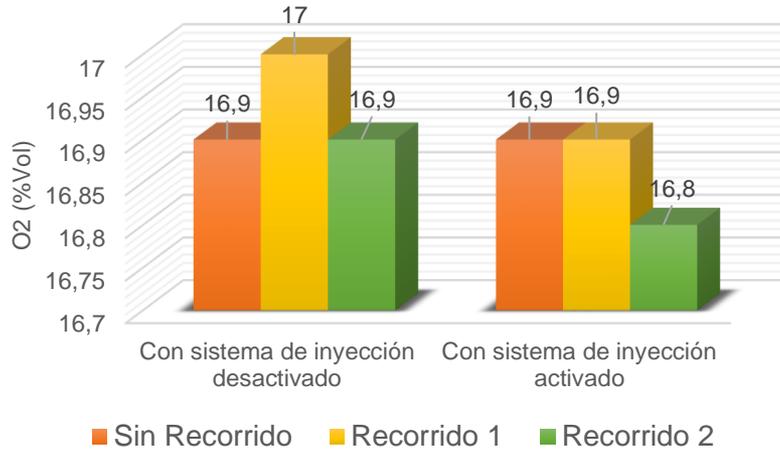
3370 RPM

Inyección AdBlue



ANÁLISIS DE RESULTADOS

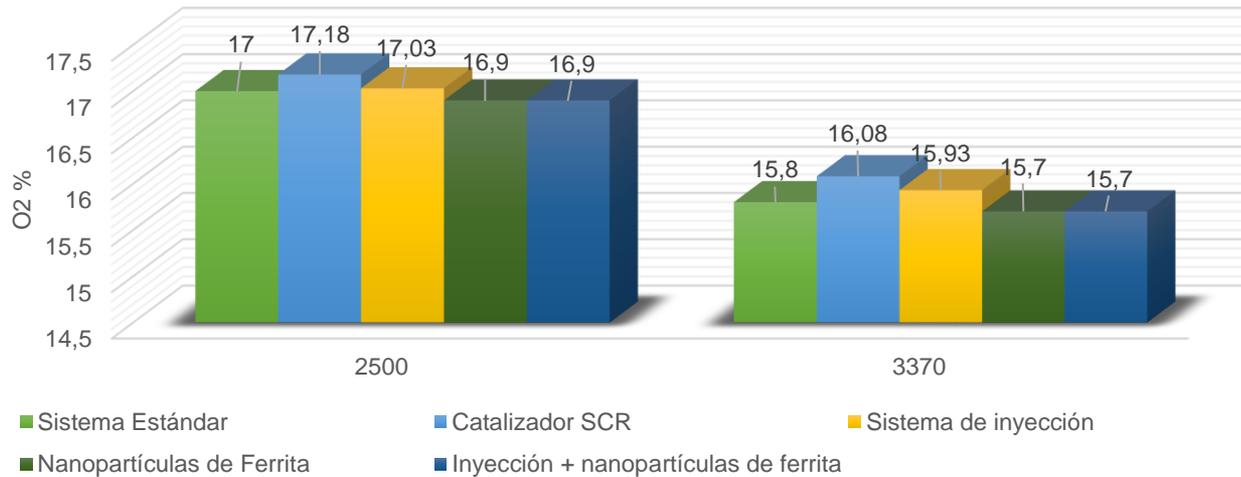
ANÁLISIS CON NANOPARTÍCULAS DE FERRITA



2500 RPM

3370 RPM

Análisis Final



PRUEBAS

RESULTADOS DE NO

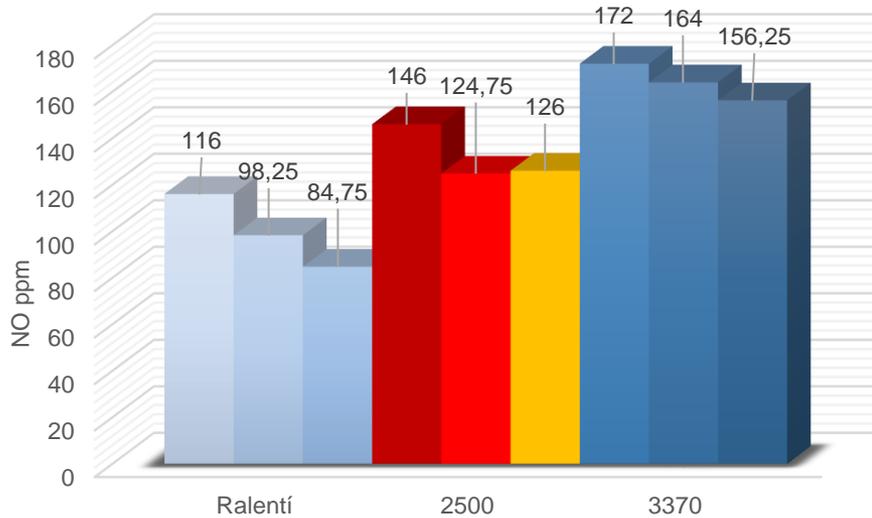
NO (ppm Vol)												
		M1			M2			T1			N.F.	
	rpm	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.	E. STD.	C. SCR	S.C.		
KM 1	Idle	116	88	96	96	120	99	94	159	91	Idle	128
	S/A 2500	146	131	122	135	135	139	130	144	157	S/D 2500	130
	3370	171	164	165	184	179	170	177	199	188	3370	179
	Idle	150	259	213	191	226	203	210	277	207	Idle	162
	C/A 2500	219	164	177	139	193	175	181	222	192	S/A 2500	125
	3370	195	210	194	255	219	178	220	246	194	3370	163
KM 2	Idle		87	125		125	99		143	104	Idle	94
	S/A 2500		129	129		133	233		135	159	S/D 2500	131
	3370		165	157		181	207		175	183	3370	167
	Idle		260	211		220	183		265	193	Idle	83
	C/A 2500		167	167		195	200		215	242	S/A 2500	123
	3370		207	188		217	194		235	207	3370	159
KM 3	Idle		108	85		120	100		130	63	Idle	65
	S/A 2500		97	128		117	174		128	163	S/D 2500	120
	3370		157	154		181	169		186	181	3370	151
	Idle		219	204		226	186		245	153	Idle	20
	C/A 2500		177	167		213	187		217	175	S/A 2500	115
	3370		203	172		219	166		278	176	3370	143
KM 4	Idle		110	73		151	77		160	82		
	S/A 2500		142	109		132	105		199	132		
	3370		170	149		186	139		209	154		
	Idle		251	206		266	117		327	106		
	C/A 2500		239	159		216	135		344	145		
	3370		265	176		342	154		325	162		
PROM	Idle		98,25	94,75		129,00	93,75		148,00	85,00		
	S/A 2500		124,75	122,00		129,25	162,75		151,50	152,75		
	3370		164,00	156,25		181,75	171,25		192,25	176,50		
	Idle		247,25	208,50		234,50	172,25		278,50	164,75		
	C/A 2500		186,75	167,50		204,25	174,25		249,50	188,50		
	3370		221,25	182,50		249,25	173,00		271,00	184,75		
											PROMEDIO TOTAL	
											C.SCR	S.C.
											125,08	91,17
											135,17	147,17
											179,33	168,00
											253,42	181,83
											213,50	176,75
											247,17	180,08



ANÁLISIS DE RESULTADOS

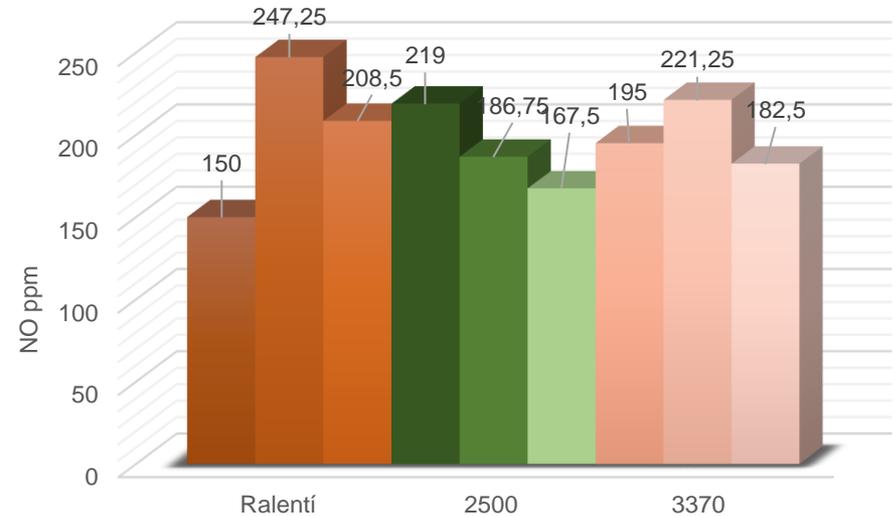
ANÁLISIS POR HORARIO

Horario de la Mañana



■ Estándar Ralentí ■ SCR Ralentí ■ S/C Ralentí
■ Estándar 2500 ■ SCR 2500 ■ S/C 2500
■ Estándar 3370 ■ SCR 3370 ■ S/C 3370

Sin accesorios



■ Estándar Ralentí ■ SCR Ralentí ■ S/C Ralentí
■ Estándar 2500 ■ SCR 2500 ■ S/C 2500
■ Estándar 3370 ■ SCR 3370 ■ S/C 3370

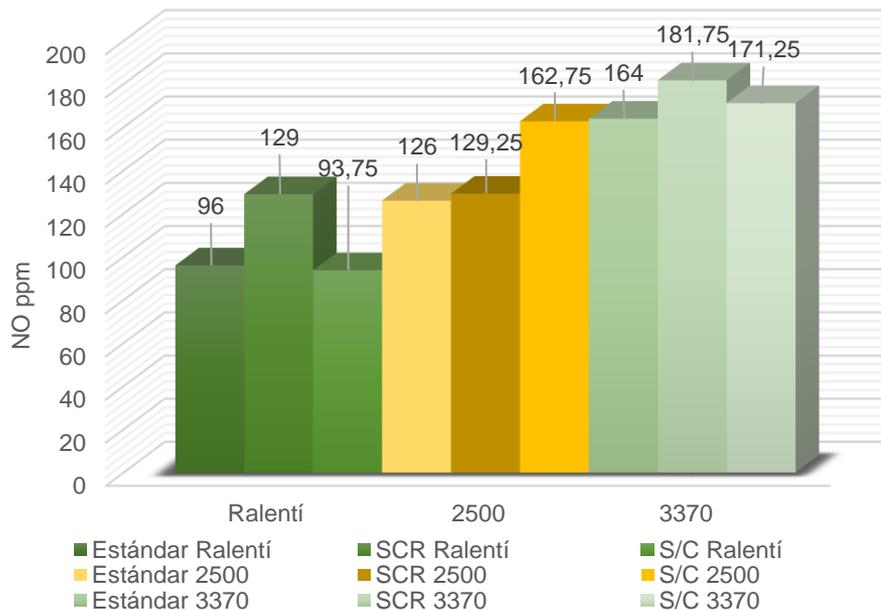
Con accesorios



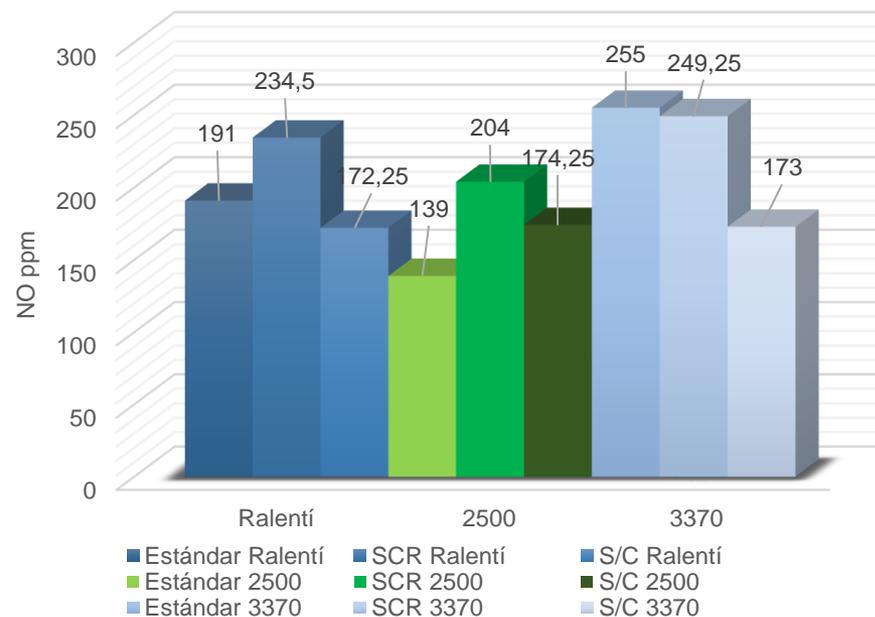
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO

Horario de la Media Mañana



Sin accesorios

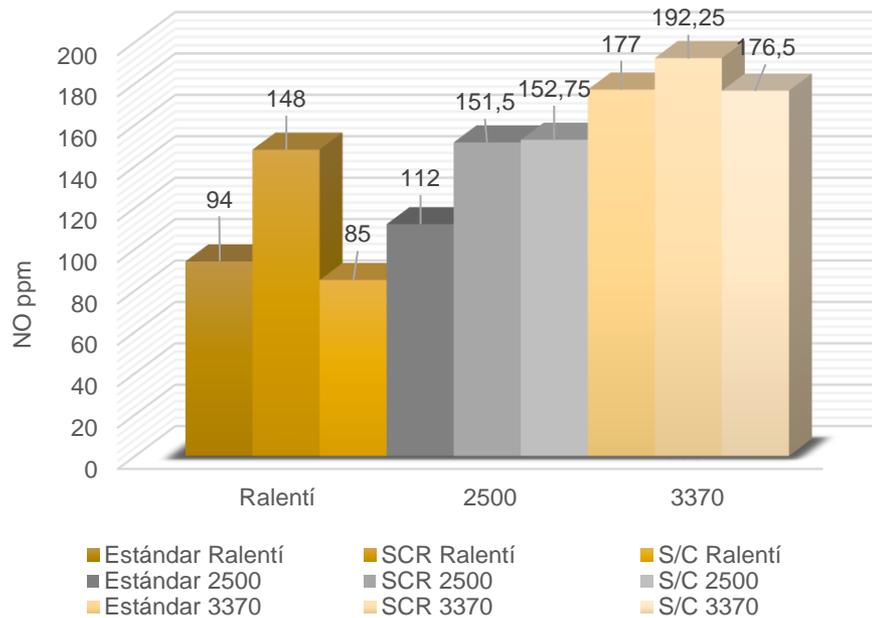


Con accesorios

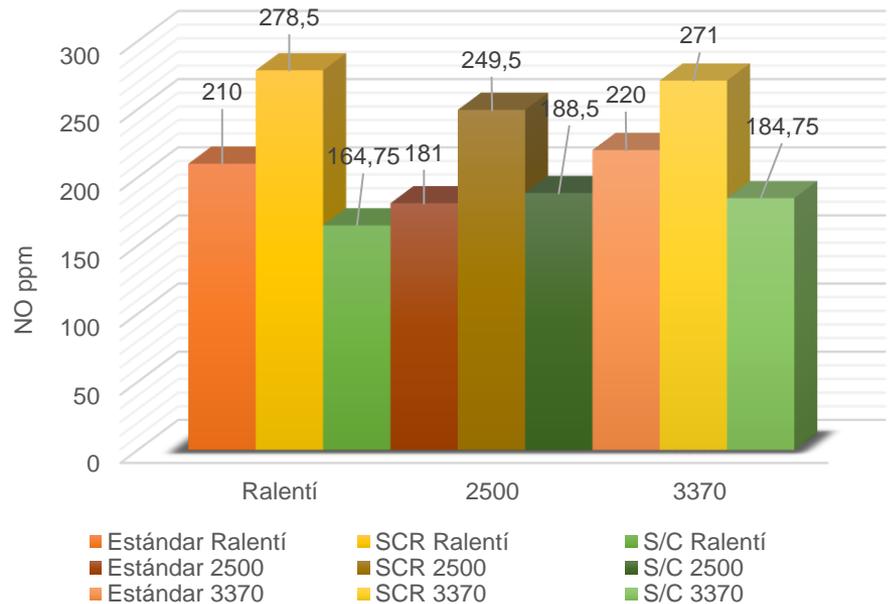


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR HORARIO Horario de la Tarde



Sin accesorios



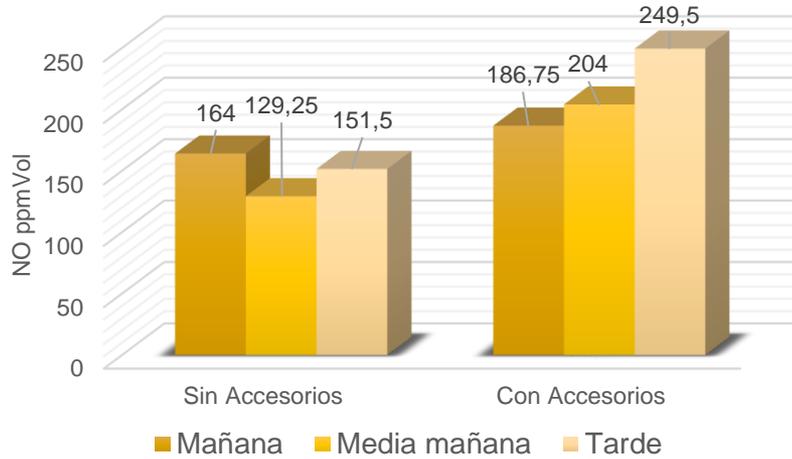
Con accesorios



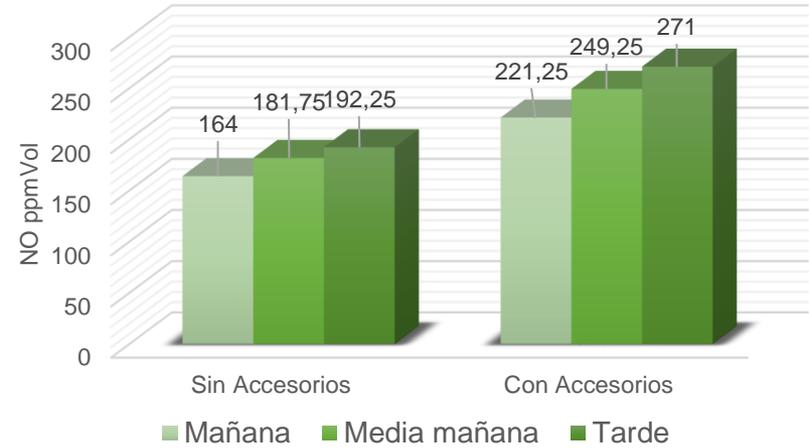
ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS POR CONDICIÓN

Catalizador SCR

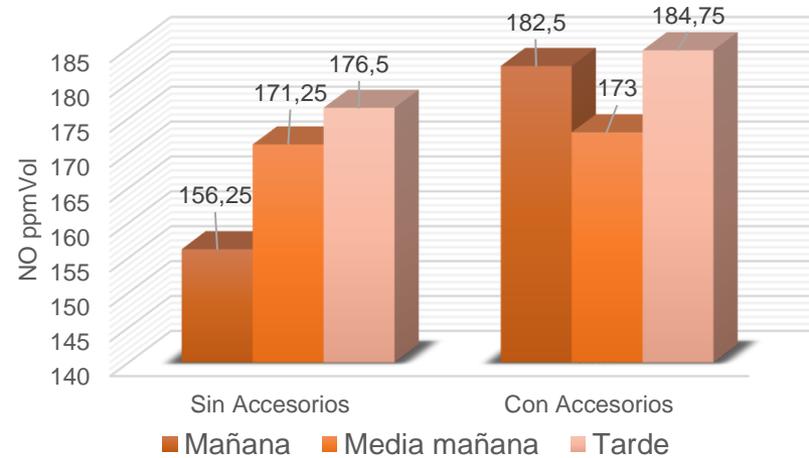
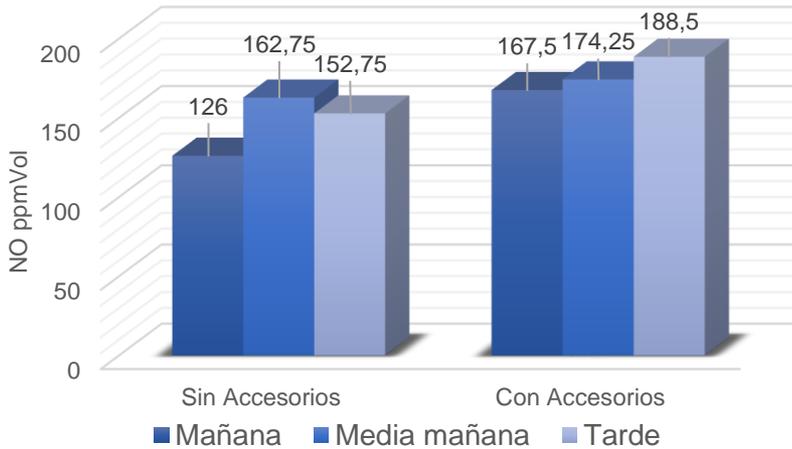


2500 RPM



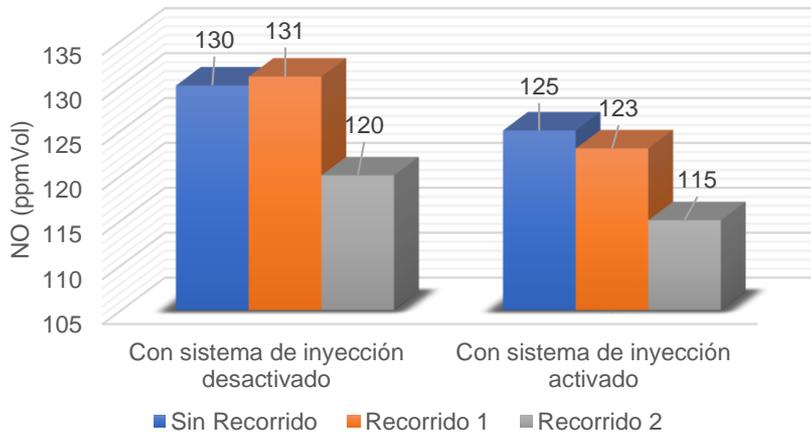
3370 RPM

Inyección AdBlue

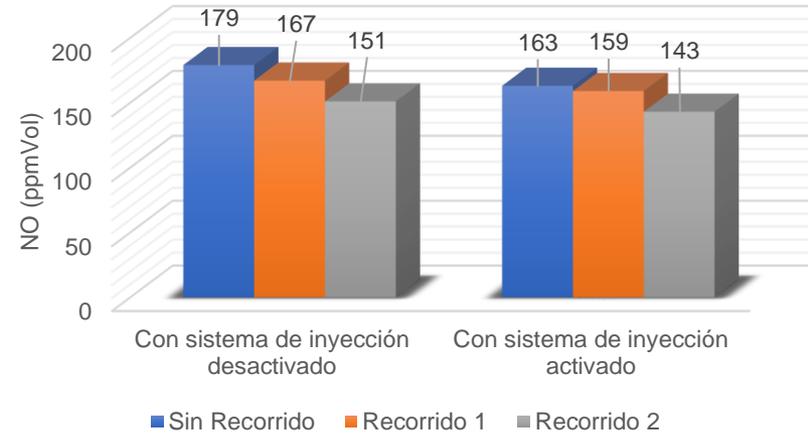


ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS CON NANOPARTÍCULAS DE FERRITA

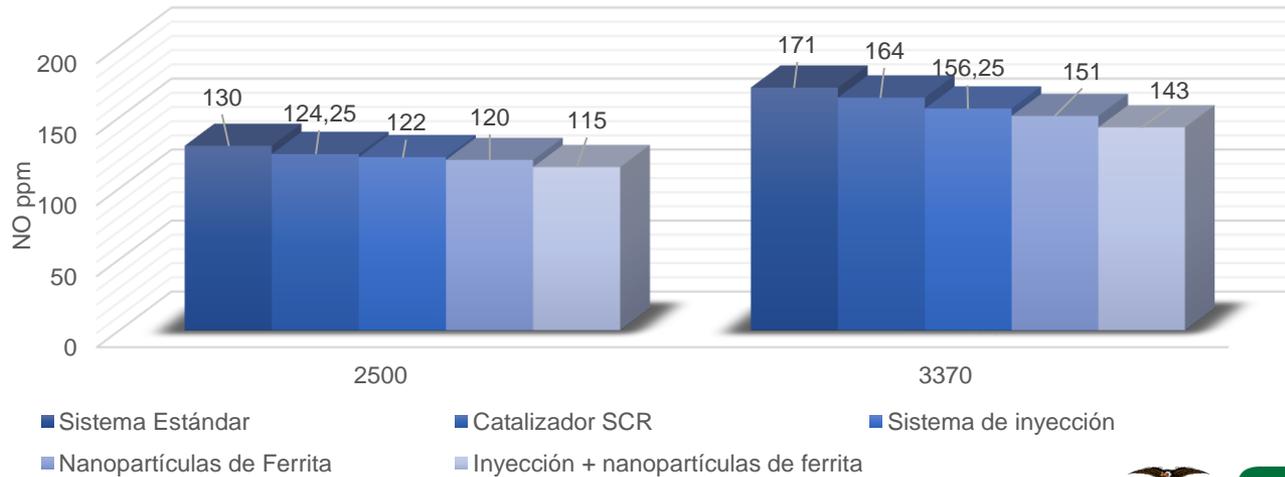


2500 RPM



3370 RPM

Análisis Final

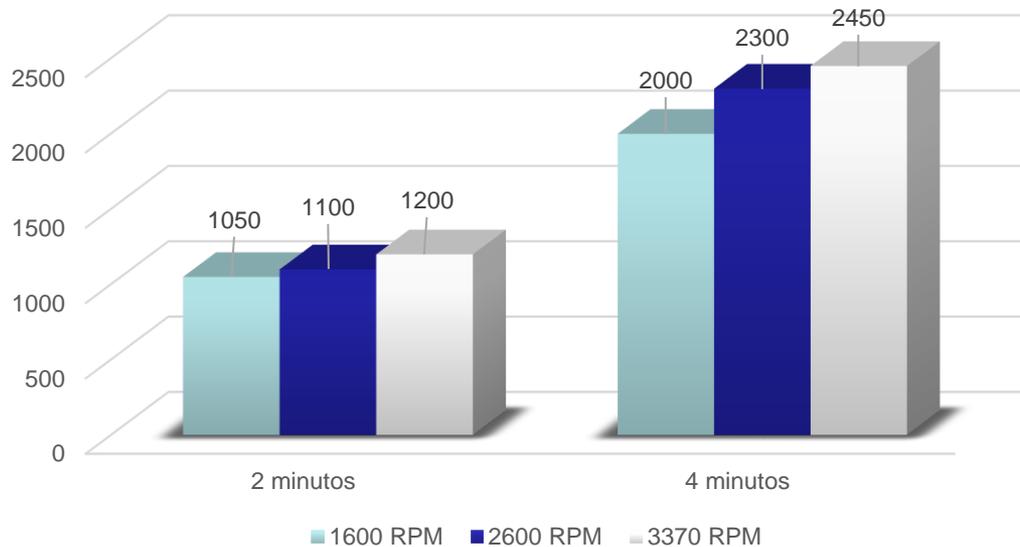


PRUEBAS

CONSUMO DE ADBLUE

	1600 RPM	2600 RPM	3370 RPM
A 2 minutos	1050 ml	1100 ml	1200 ml
A 4 minutos	2000 ml	2300 ml	2450 ml

Consumo solución de urea



PRUEBAS

CONSUMO DE ADBLUE RESPECTO AL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Combustible



91,66 lt



75 lt

80 km

AdBlue

NIVEL INICIAL

3500 ml

NIVEL FINAL

1500 ml



CONCLUSIONES

- Se fundamentó con información técnica-científica los métodos y sistemas de reducción catalítica selectiva en catalizadores para la reducción de NOx, a fin de implementar el sistema de reducción catalítica selectiva, controlado electrónicamente por inyección de AdBlue en el sistema de escape del motor diesel del V.P.
- Se empleó un filtro para los gases de escape, conformado internamente por nanopartículas de ferrita, con la finalidad de reducir los óxidos nitrosos y opacidad.
- Los procesos de reducción catalítica selectiva son métodos eficientes para la reducción de emisiones en fuentes móviles – automotores con ciclo diesel de carga pesada hasta en un 25% en cuanto a opacidad y en un 16% en la reducción de gases NOx.
- Se alcanzó una disminución de las emisiones de gases, hasta en aproximadamente 25% menos opacidad únicamente usando el catalizador SCR sin inyectar la AdBlue, y en casi 6% inyectando urea en el sistema de escape, mientras que la reducción de óxidos nitrosos se dio alrededor del 16% como máximo a 3370 rpm y hasta en 11,50% a 2500 rpm.



CONCLUSIONES

- Se realizaron pruebas de opacidad en el laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga; mediante el opacímetro 57-220 se obtuvieron resultados con el sistema de escape estándar, con el uso únicamente del catalizador SCR, con el sistema de inyección de urea al 32,5% completo, con las nanopartículas de ferrita y finalmente con todo lo previamente mencionado en conjunto.
- El análisis de las emisiones de gases permitió determinar la fiabilidad tanto del sistema SCR como de las nanopartículas de ferrita, así como también de ambos en conjunto; es así como, se realizaron pruebas en el laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, mediante el analizador de gases AGS-688.
- Al realizar las mediciones de opacidad se pudo determinar el horario y el estado del vehículo en el que se puede realizar las mediciones para obtener los índices de contaminación más bajos; por lo que, el valor mínimo de opacidad sin accesorios se obtuvo de 0,5% usando solamente el catalizador SCR durante la media mañana, mientras que el más alto se da en la mañana con 0,58%. Por otro lado, al usar el sistema completo de inyección de AdBlue, la opacidad mínima es de 0,63% en la mañana y la máxima de 1% en la tarde. En cualquier caso, pasaría una revisión técnica vehicular.



CONCLUSIONES

- Los resultados de opacidad al usar accesorios aumentan significativamente con respecto a no usarlos. Es así como se obtuvo un valor mínimo de opacidad de 0,52% usando únicamente el catalizador SCR en la media mañana, y un máximo en este uso de 0,75% en la tarde. Asimismo, al usar el sistema completo de inyección, se registra un valor mínimo de 1,13% en la media mañana y el máximo 1,71% en la tarde. Aún así, en cualquier escenario con accesorios, los valores no superan los límites dictaminados por la norma NTE INEN 2207:2002.
- Al implementar las nanopartículas de ferrita como agente reductor, la opacidad resultante al momento de realizar las mediciones fue de 0,7% después de realizado el recorrido de 80 km sin inyectar AdBlue. Mientras que la opacidad más alta resultó después del recorrido inyectando AdBlue, el cual fue de 1,12%. En cualquiera de los escenarios los valores están muy por debajo de los límites permisibles por la norma INEN.
- Cuando se trabajan en conjunto, tanto las nanopartículas de ferrita como la inyección de AdBlue, como agentes reductores, se obtuvo un valor elevado en la medición antes de cualquier recorrido realizado, el cual fue de 4,01% de opacidad. Por otro lado, al realizar el recorrido de 80 km inyectando AdBlue, la opacidad disminuyó en 73,31%, dando un valor de 1,07%. Aun así, el V.P. pasaría la revisión técnica vehicular.



CONCLUSIONES

- Las emisiones por opacidad del vehículo de prueba resultaron en que la reducción máxima se obtuvo utilizando solamente el catalizador SCR en 25,37%, con respecto al sistema estándar. Mientras que al utilizar nanoparticulas de ferrita juntamente con la inyección del aditivo, aumento en 59,7% la contaminación por opacidad con respecto al estándar. Por ende, es eficiente usar solamente el catalizador SCR e incluso hasta el sistema de inyección, mas no las nanoparticulas de ferrita.
- El porcentaje volumétrico de CO tiende a disminuir con respecto al resultado estándar. A 2500 rpm, usando solamente el catalizador SCR, se obtiene un promedio de emisiones de CO de 0,245 % Vol en la tarde que es cuando arroja el valor más bajo, mientras que en la media mañana es de 0,27 % Vol siendo este ultimo la contaminación más alta por CO, cuando no se utilizan los accesorios; a 3370 rpm se tiene un máximo de 0,17% Vol en la mañana y media mañana mientras que en la tarde disminuye hasta 0,16% Vol de CO. Por último, al utilizar el sistema de inyección de AdBlue, se tiene un valor mínimo de porcentaje de CO de 0,21% Vol en la media mañana y un máximo de 0,24% en la mañana, estos últimos a 2500 rpm; por otro lado, a 3370 rpm, el mínimo es de 0,133% y el máximo de 0,145% en los mismos horarios antes mencionados.



CONCLUSIONES

- Las emisiones más bajas de CO resultantes del V.P. se dan en la media mañana, sin encender los accesorios e inyectando la solución de urea. Los valores más elevados obtenidos se proporcionaron a 2500 rpm y disminuye conforme las revoluciones del motor aumentaban.
- Al implementar las nanoparticulas de ferrita como agente reductor, se produjo un aumento de las emisiones tanto a 2500 rpm como a 3370 en relación con el sistema de inyección en 9,52% y 5,26% respectivamente. Al combinar ambos agentes reductores se produce una reducción significativa de las emisiones por CO, en 33,33% a 2500 rpm y en 32,33% a 3370 rpm con respecto al valor más bajo utilizando el sistema de inyección de urea. En cualquier caso, las emisiones por CO se redujeron en relación con el sistema de escape estándar. Se puede afirmar que los sistemas de reducción catalítica ayudan a reducir los monóxidos de carbono.
- El porcentaje de CO₂ obtenido durante las mediciones con el catalizador SCR a 2500 rpm arroja el valor más bajo de 2,35% en la mañana, mientras que el más alto se registra en la tarde con 2,48% de emisiones de CO₂; a 3370 rpm el valor mínimo se da en la mañana con 3,34% y el máximo en la media mañana y tarde con 3,38%. Por otro lado, al usar el sistema de inyección de AdBlue, en la mañana se obtiene a 2500 rpm el valor más bajo de 2,5% y a 3500 rpm de 3,4 %.



CONCLUSIONES

- Con el uso de las nanopartículas de ferrita, las emisiones de CO₂ aumentan a 2500 y a 3370 rpm, en 10,17% y en 6,06% respectivamente, en base a las emisiones con el sistema estándar. Al utilizar tanto las nanopartículas como el sistema de inyección de urea, los valores se elevan en 15,67% a 2500 rpm y en 13,93% a 3370 con respecto al estándar. En ninguno de los casos la contaminación se reduce en relación con el estándar, salvo en 0,43% utilizando el catalizador SCR. Por lo que, los sistemas SCR, no ayudan a reducir las emisiones por dióxidos de carbono.
- Las partículas por millón de HC resultantes en las pruebas con el catalizador SCR, disminuyen con respecto al sistema estándar, el resultado mínimo a 2500 rpm da 0 ppm Vol tanto en la mañana y en la media mañana, mientras que en la tarde las emisiones alcanzan 1,25 ppm de HC. Al tiempo que, con el sistema de inyección de urea, la contaminación aumenta al obtenerse un valor mínimo de 1,25 ppm en la tarde, y un máximo en la media mañana de 4,5 ppm Vol. Analizando a 3370 rpm, ocurre el mismo caso, ya que existe reducción al usar el catalizador SCR y el sistema de inyección de AdBlue.



CONCLUSIONES

- Con el uso de las nanoparticulas de ferrita, se presenta un aumento considerable a 2500 rpm con respecto al estándar, en un 22%. Pero a 3370 rpm, se emitieron 0 ppm de hidrocarburos en todas las mediciones, por lo que a máxima carga del motor se puede decir que las nanoparticulas son eficientes. Por otro lado, al combinar las nanoparticulas con la inyección de aditivo, se reducen en 33,33% a 2500 rpm y en 68,57% a 3370 rpm en base al sistema estándar; pero aumentan con respecto al sistema de inyección, en 60% y en 32% respectivamente.
- Se observa el porcentaje de O₂ resultando de las mediciones, con un valor mínimo de 17,18% en la media mañana y tarde a 2500 rpm y de 16,08% en la media mañana a 3370 rpm, estos últimos con el uso del catalizador SCR, mientras que, con el sistema completo de inyección de AdBlue, a 2500 rpm el mínimo valor es de 17,03% en la tarde y de 15,93% en la mañana a 3370 rpm.
- Por el contrario, al usar las nanoparticulas de ferita hay una disminución a 2500 rpm de 0,6% y a 3370 rpm de 0,63%. Al combinar los dos agentes reductores, disminuye aún más las emisiones de oxígeno, tanto a 2500 como a 3370 rpm, en 1,2% y en 1,26% respectivamente. Al no ser mucha la diferencia de emisiones utilizando los sistemas de reducción catalítica, se puede decir que los sistemas no son eficientes en la reducción de emisiones por oxígeno.



CONCLUSIONES

- Los resultados de emisiones de NO arrojan que el valor mínimo resultante con el catalizador SCR a 2500 rpm es de 129,25 ppm en la media mañana y de 164 ppm en la mañana a 3370 rpm; por otro lado, con el sistema de inyección el valor mínimo a 2500 es de 126 ppm en la mañana y a 3370 rpm de 156,25 ppm, en el mismo horario.
- El sistema de inyección de AdBlue ayuda a reducir principalmente las emisiones por NO en la mañana, ya que al usar solo el catalizador SCR, se obtiene una reducción del 11,33%, y con el sistema completo de 13,70%, esto a 2500 rpm. Analizando a 3370 rpm se alcanza disminución del 4,65% y de 9,15%, respectivamente.
- Al utilizar las nanoparticulas de ferrita a 2500 rpm se reduce en 7,7%, mientras que a 3370 rpm se reduce en 11,70%. En tanto que, al combinar ambos agentes reductores catalíticos, se tiene que a 2500 rpm se reducen 11,54%, y a 3370 rpm 16,37%. Por lo que el sistema es eficiente para reducir los óxidos nitrosos.



CONCLUSIONES

- El ensayo de consumo de AdBlue, arroja que el valor mínimo de consumo se da en 1600 rpm de aproximadamente 1050 ml en 2 minutos y de 2000 ml en 3 minutos. Deduciendo así que el régimen óptimo de revoluciones del motor para el mínimo consumo de AdBlue es de 1600 rpm.
- El consumo de AdBlue que se obtuvo tras la prueba de ruta fue de 2 litros por cada 16,6 litros de combustible consumidos. Esto es alrededor en 80 km de recorrido, y puede variar según la forma de conducción o condiciones externas.



RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, implementar un sistema de reducción catalítica selectiva de nueva generación, realizada por Hiroyuki Kojima y publicada por la sociedad de ingenieros automotrices (SAE), buscando resolver aspectos como la temperatura del sistema de escape para el correcto funcionamiento de la inyección de AdBlue.
- De tal manera de alcanzar mediciones de $\pm 0,1\%$ de tolerancia de error, el uso del opacímetro OPA 300 LT-BT, puede llegar a valores más precisos de opacidad, para alcanzar análisis más detallados acerca de este parámetro de medición.
- Para tener un control sobre los pulsos de inyección, adquirir un inyector que se pueda intervenir electrónicamente, tal es el caso del inyector Dorman Inyector 904-504, se presta para tener mejor precisión al momento de comandar desde el módulo, los tiempos de apertura de este.
- Al ser un sistema de inyección electrónicamente controlado, se recomienda tener la mayor cantidad de señales de entrada, mediante las cuales podrá determinar de mejor manera los anchos de pulso de inyección y el tiempo de inyección de la solución de urea; por lo que para futuros proyectos hacer uso de los sensores APP, TPS, EGTS, VSS, sensor NOx como señales de entrada para este sistema.



RECOMENDACIONES

- Se realizó una búsqueda sobre otras gamas y modelos de analizadores de gases, y se concluyó que el analizador AGS-688 utilizado en las mediciones de este proyecto es uno de los más actuales y precisos del mercado, pero aun así lo que se recomienda en este caso es realizar los mantenimientos periódicos, que el manual del equipo recomienda hacer antes de realizar una prueba de gases, y también un mantenimiento anual realizado por el personal autorizado.
- • Durante el proceso de programación del módulo de control, las señales de los sensores se obtuvieron mediante pruebas controladas como es el aumento de la temperatura del motor en base a la variación de voltaje del sensor y con un osciloscopio en base a la señal que se generaba dependiendo de las revoluciones del motor por lo que se recomienda para una mayor exactitud al extraer las señales, usar el scanner IDUTEX TS190 PRO, especial para vehículos pesados diesel, para así ahorrar tiempo y recursos en la programación del módulo.



**NUNCA PARES, NUNCA
TE CONFORMES,
HASTA QUE LO BUENO
SEA MEJOR Y LO
MEJOR EXCELENTE.**

GYM RIZO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA