



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**“ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA DE CATALIZADORES
AUTOMOTRICES Y PROPUESTA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
DE UN EQUIPO DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACIÓN DE
LOS CONVERTIDORES CATALÍTICOS DESGASTADOS”**

AUTORES:

**CHAMORRO YAGUAL, JHON ANDRÉS
HEREDIA ROCHA, GLADYS ESTEFANÍA**

**ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO
DIRECTOR DE TESIS**



ANTECEDENTES

La temperatura de operación del catalizador esta alrededor de los 250°C y la temperatura óptima de operación está oscilando entre 650°C y 760°C, en teoría el catalizador puede eliminar el 99% de los gases tóxicos de un motor.

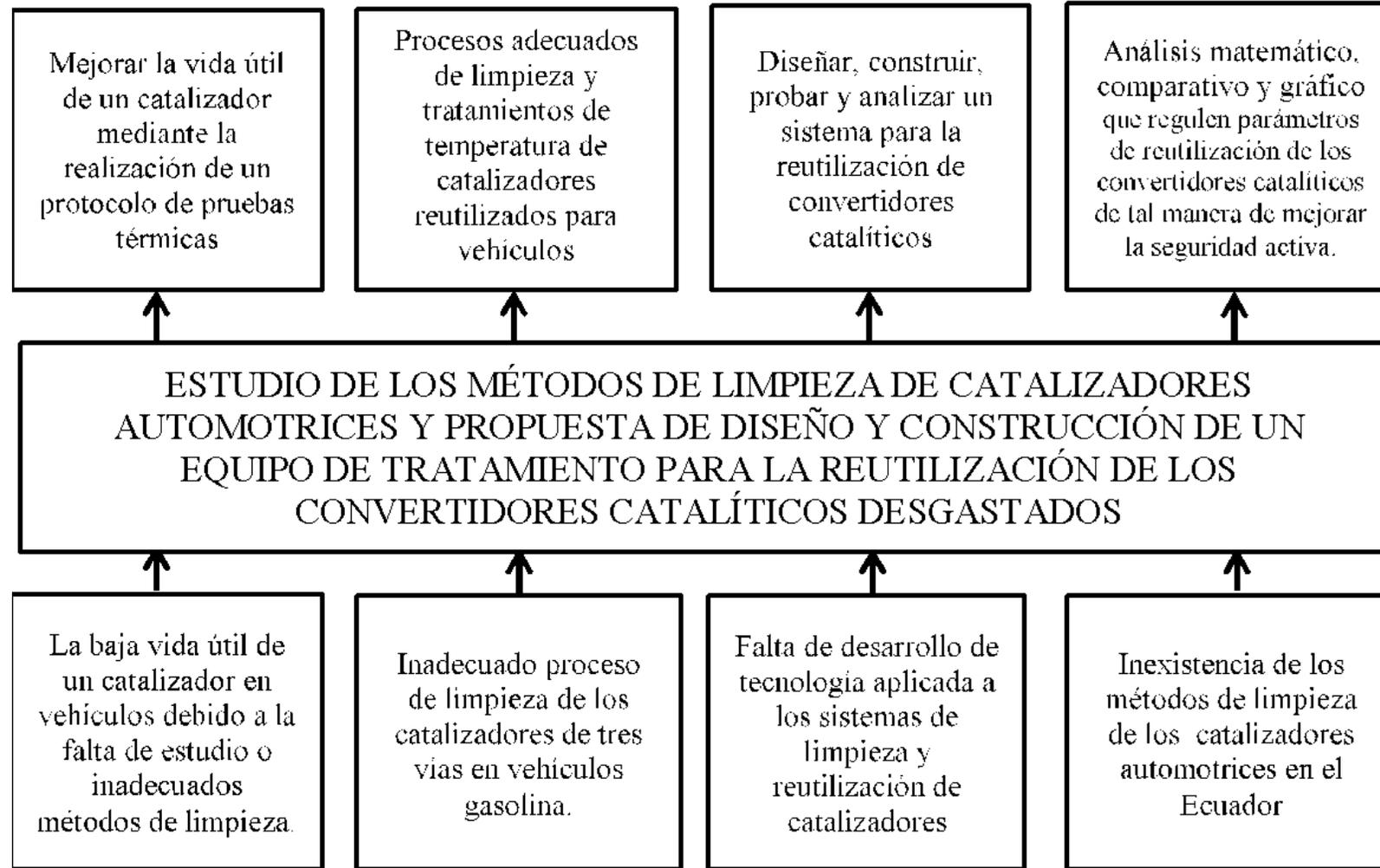
En la ciudad de Quito el número de vehículos automotores según la (INEC, 2016) son 1'039.836, la siguiente cifra está dada entre automóviles y camionetas.

Los catalizadores de tres vías se introdujeron a principios de los años 80 en los vehículos a gasolina por ser considerados una técnica eficiente para cumplir con los estrictos límites de emisión impuestos

El catalizador esta compuesto de metales preciados como el platino, razón por la que la pieza en sí es costosa. La vida útil de este componente varía entre los diferentes fabricantes, aunque suele estar entre 60.000 y 100.000 kilómetros



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



OBJETIVO GENERAL

Estudiar los sistemas de limpieza para los catalizadores automotrices y propuesta de diseño y construcción de un sistema de tratamiento para la reutilización de convertidores catalíticos desgastados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar información de fuentes bibliográficas confiables en temas inherentes a lo que es sistemas de limpieza, tratamiento y reutilización de convertidores catalíticos.
- Estudiar las condiciones de operación óptimas de: flujo de aire, temperatura y presión, para la eliminación completa del coque de la superficie efectiva del monolito catalítico.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un equipo limpieza de convertidores catalíticos desgastados, mediante un tiempo y la temperatura del aire a través de la construcción de un reservorio de aire caliente; para la eliminación de coque depositada en el monolito.
- Construir un equipo de limpieza para el tratamiento de los catalizadores desgastados; y así poder alargar la vida útil del mismo.
- Realizar las pruebas con el convertidor catalítico sometido al tratamiento e instalado en él vehículo y por medio del analizador de gases, se verificará su reducción de gases contaminantes como son: CO, O₂ y los hidrocarburos no quemados.
- Analizar los datos obtenidos a través del analizador de gases, mediante el método estadístico llegando a una comparación de cuál de los cuatro catalizadores sometidos a pruebas experimentales se pudo obtener una mayor eficiencia relativa respecto al convertidor catalítico regenerado



- Obtener un equipo de limpieza de catalizadores utilizados en vehículos que sea compacto de fácil uso y manipulación
- Desarrollar un proceso de limpieza de catalizadores, de dos y tres vías estandarizado para reutilizarlos maximizando su eficiencia y vida útil.

HIPÓTESIS

¿El sistema de limpieza de convertidores catalíticos permitirá la reutilización de catalizadores de dos y tres vías desgastados en vehículos y esperando obtener una eficiencia catalítica a un 70% para la transformación de HC?



Marco Teórico

CONVERTIDOR CATALÍTICO DE DOS VÍAS



CONVERTIDOR CATALÍTICO DE TRES VÍAS



Marco Teórico

PROCESO DE OXIDACIÓN

Neutralizan los hidrocarburos (HC) y el monóxido de carbono (CO). Ambos gases residuales se emiten en proporción directa con la riqueza de la mezcla

CO		CO ₂
HC		CO ₂ + H ₂ O

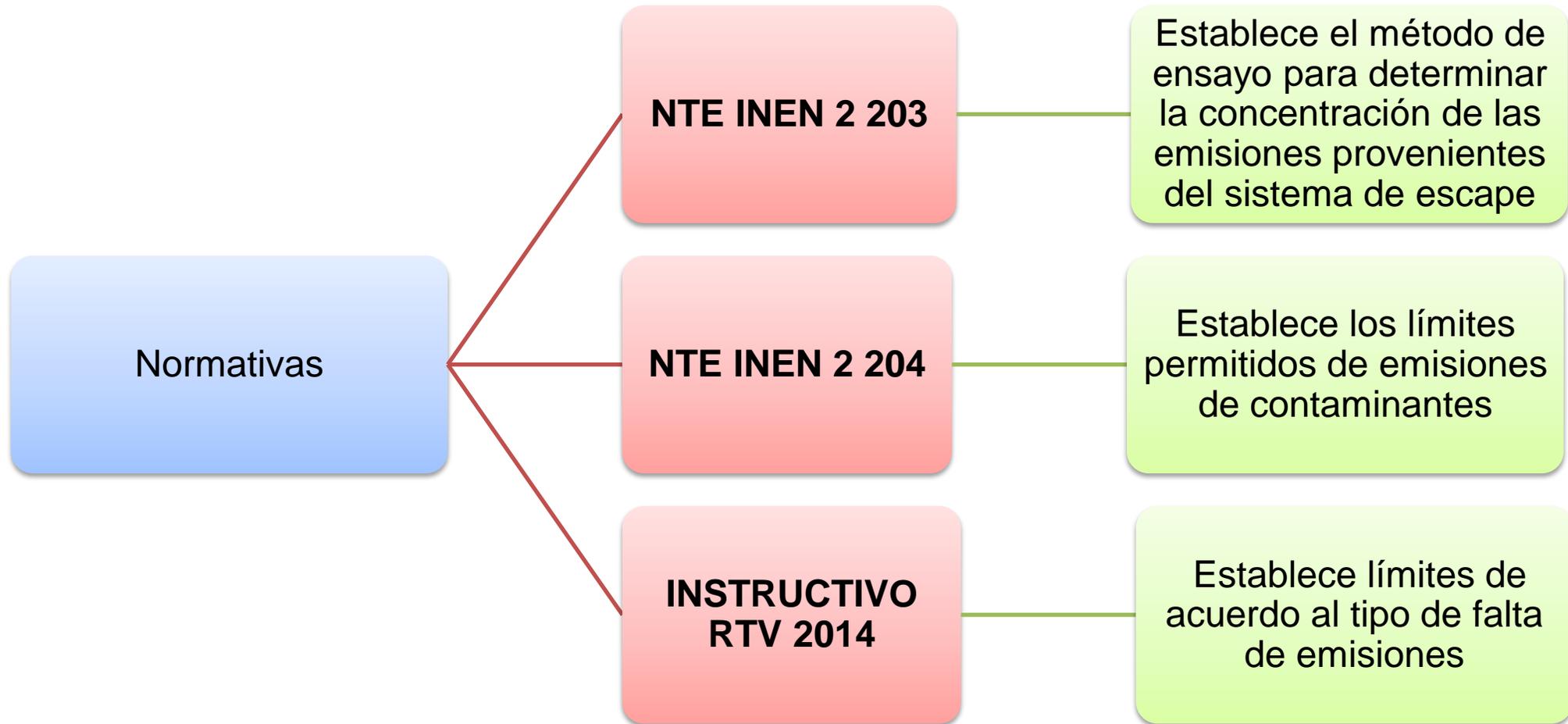
PROCESO DE REDUCCIÓN

Neutralizan los óxidos de nitrógeno (NO_x), de tal forma que al entrar en contacto con el Rodio, el oxígeno se separa, combinándose con el CO, para así formar CO₂ y N₂, ambos inocuos

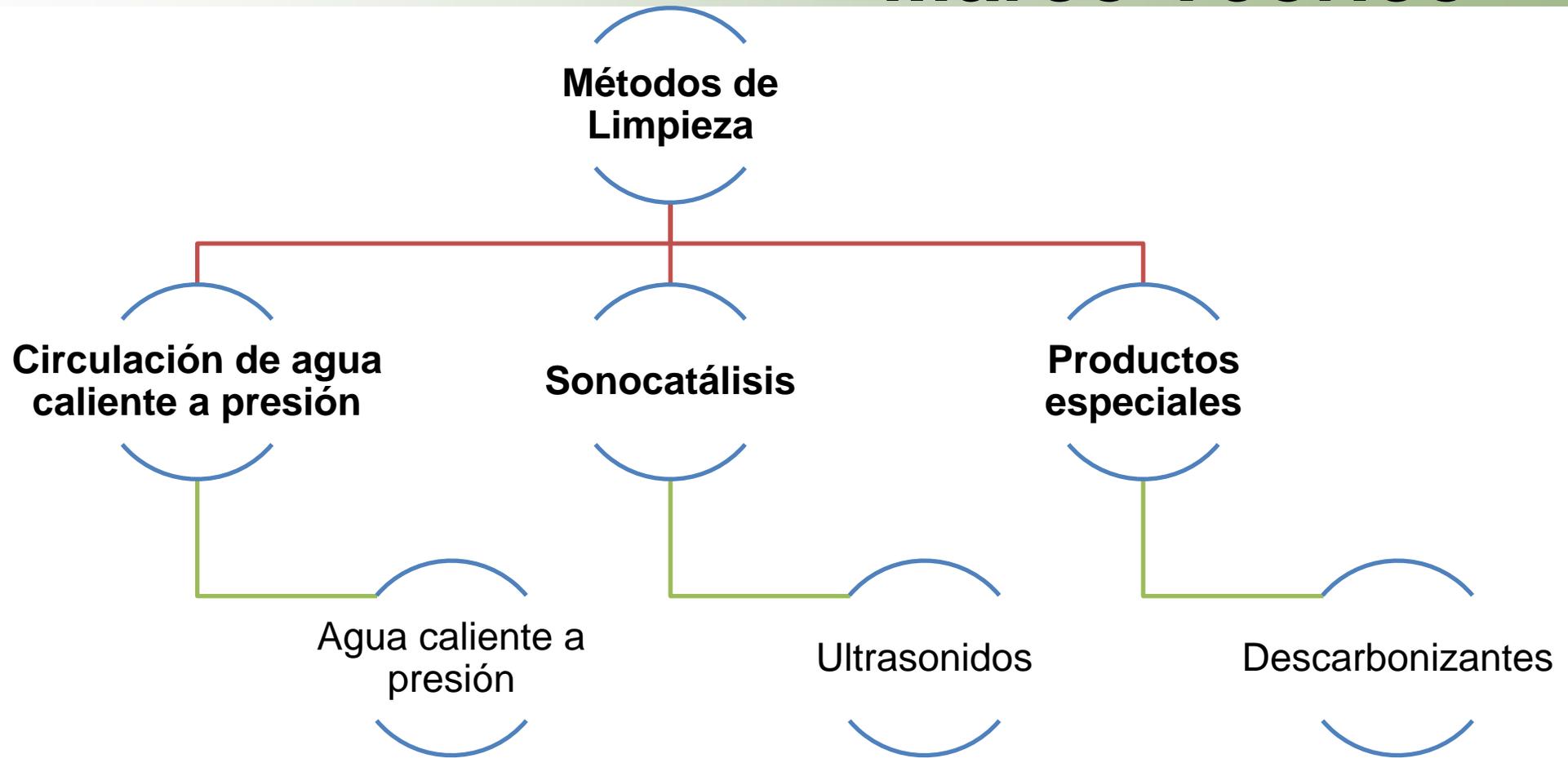
CO		CO ₂
HC		CO ₂ + H ₂ O
NO _x		N ₂



Marco Teórico



Marco Teórico



Marco Teórico

Equipos Utilizados

Analizador de gases portátil KANE 4-2 plus



Analizador de gases AGS – 688



MGT-300 EVO RPM COUNTER



MECÁNICO

- Estructura
- Sistema de fijación y adaptación
- Sistema de regulación

NEUMÁTICO

- Concentrador de calor

DISEÑO DEL EQUIPO DE TRATAMIENTO

ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO

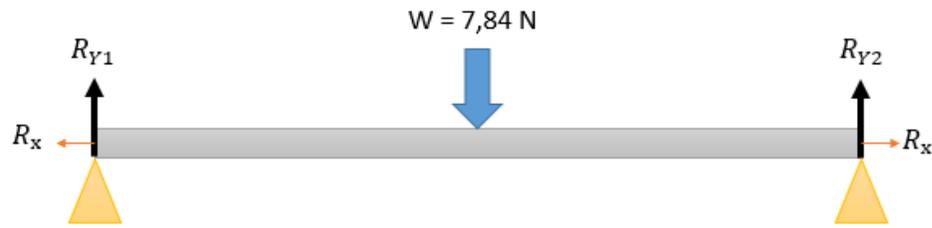
Diseño del panel de control

PROGRAMACIÓN

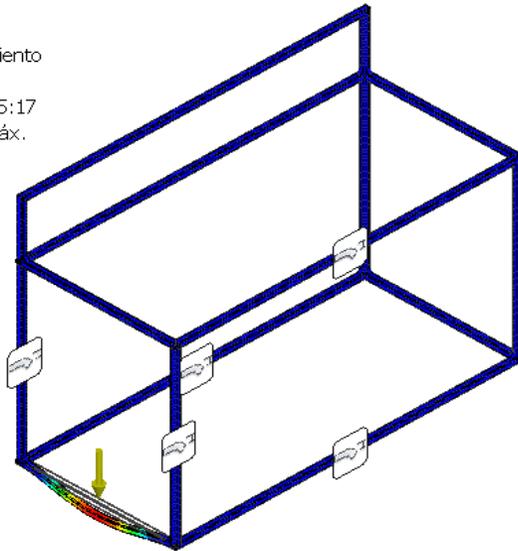
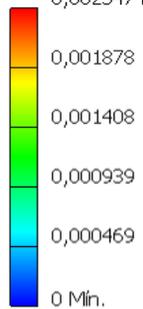
- Lenguaje C++:
- Programación orientada a objetos



Estructura

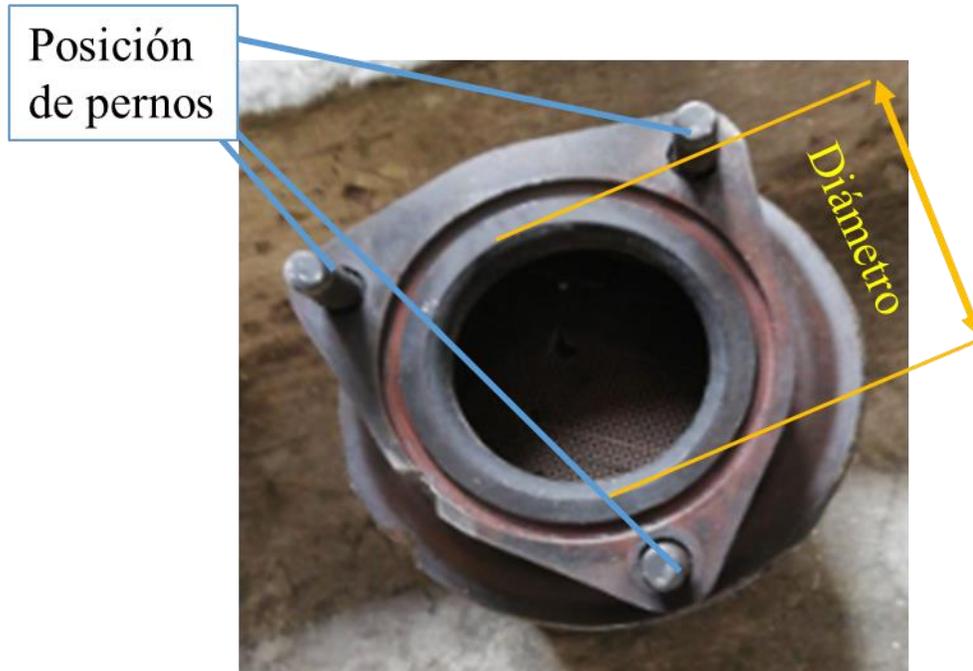


Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm
18/12/2019, 9:45:17
0,002347 Máx.



MATERIAL		ACERO GALVANIZADO	
NORMA		Tubería	Revestimiento
		cuadrada	ASTM A 653
		ASTM A36	- CS
PROPIEDADES DE RESISTENCIA	Límite de elasticidad	200 MPa	207 MPa
	Resistencia de tracción	345 MPa	350 MPa
DIMENSIONES	Medida	3/4 in	plancha
	Espesor	1,5 mm	1,2

Sistema de adaptación y fijación

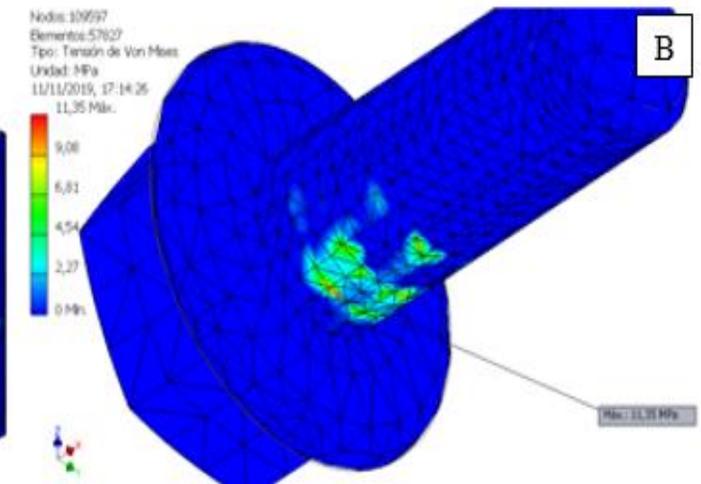
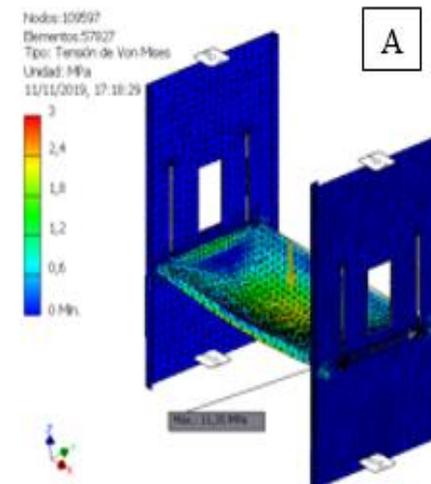
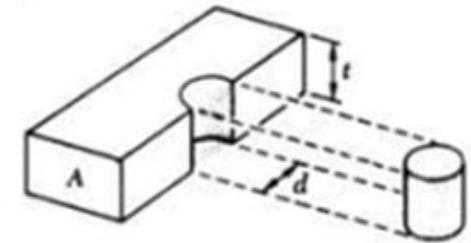
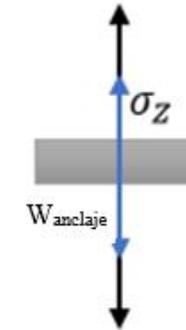
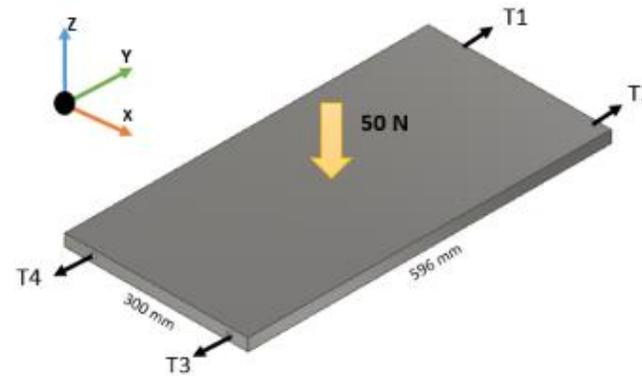


Se utilizó las dimensiones del catalizador en cuanto al diámetro de entrada y salida, la forma, la longitud y la posición de los pernos de fijación, en busca de hermeticidad del sistema.



Sistema de regulación

Parámetros	Perno	Unidades
Formula de aplastamiento	$t * d$	
Ancho de placa (t)	1.2	mm
Diámetro de perno(d)	8	mm
Área de aplastamiento	9.6	mm ²
Peso de anclajes	16.63	N
Área de la placa	16	mm ²
Esfuerzo real	1.73	MPa
Peso real	50	N
Esfuerzo teórico de aplastamiento	207	MPa
Peso teórico	3312	N



NEUMÁTICO

Flujo constante de aire a través de un sistema de conservación de energía para almacenar la temperatura en el interior del mismo.

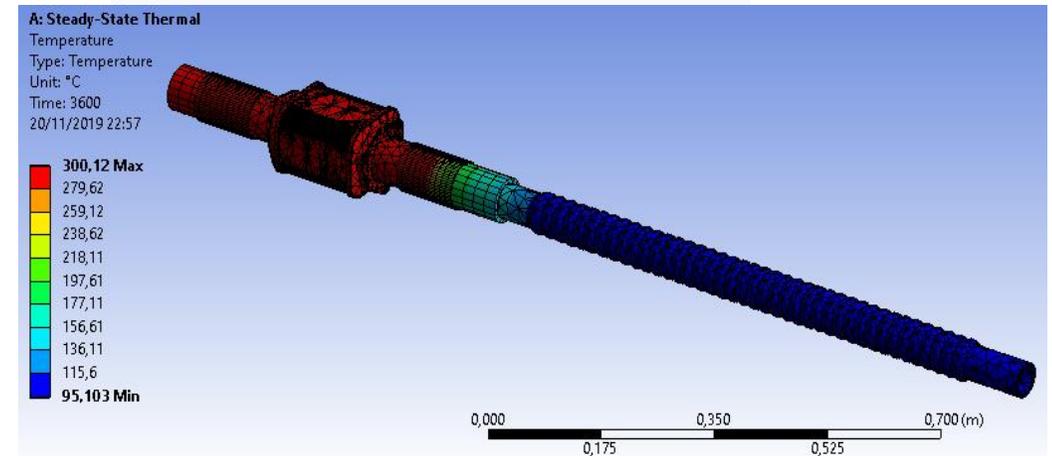
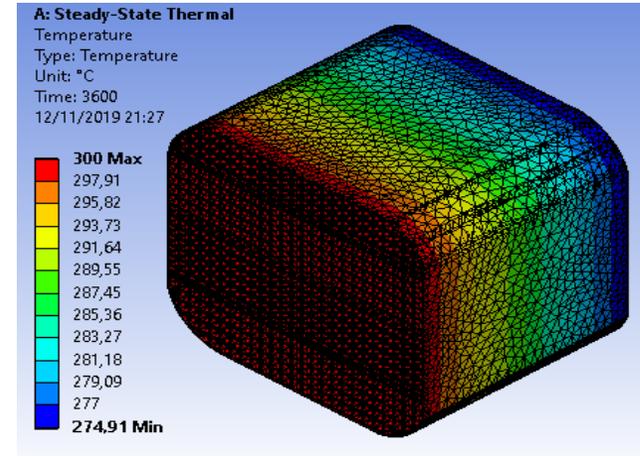
DIÁMETRO	LARGO	USO	TIPO DE MANGUERA
2 pulgadas	100 mm	Acoples de convertidores catalíticos grandes	T18216
1 ¾ pulgadas	100 mm	Acoples de pistola y acoples pequeños	T18216
1 ¾ pulgadas	700 mm	Salida hacia el analizador de gases	Manguera flexible



Concentrador de calor

Diámetro de tubo (in)	Diámetro de tubo [m]	Área [m ²]	Volumen[m ³]	Velocidad de flujo[m/s]
1 ¾ in	0.044	6,91 x 10 ⁻³	1,52 x 10 ⁻⁴	1,09
2 in	0.0508	7,98 x 10 ⁻³	2,03 x 10 ⁻⁴	0.94

Parámetros	Monolito	Unidades
Ecuación		
Caudal de aire	450	L/min
	7.5x10 ⁻³	m ³ /s
Conductividad térmica	1.75	W/m°K
Área	0.04	m ²
Grosor	0.2	m
	300	°C
Temperatura de entrada	573.15	°K
	282.24	°C
Temperatura de salida	555.39	°K

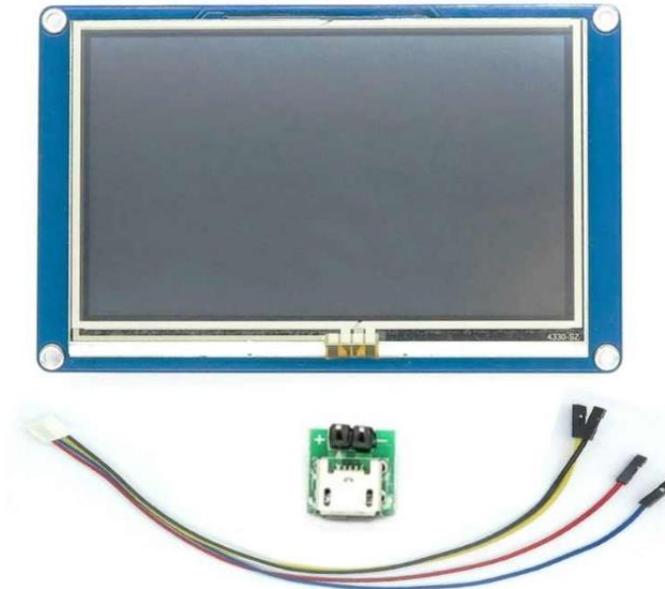


DISEÑO ELÉCTRICO

Parámetros	Valores	Unidades
Ecuación	$I = \frac{P}{V}$	
Intensidad de corriente	110	V
Potencia	1800	W
Tensión eléctrica	16.36	A

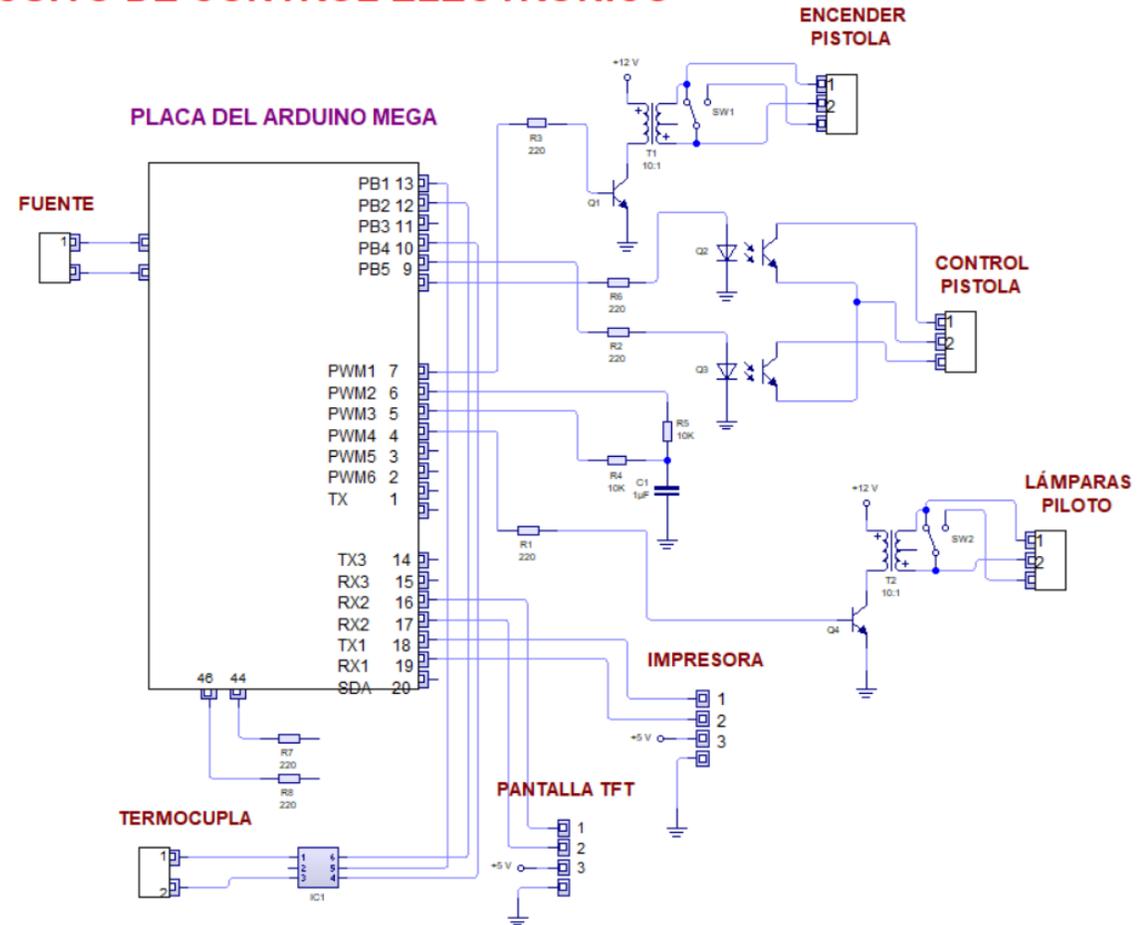


COMPONENTES ELÉCTRICOS



DISEÑO ELECTRÓNICO

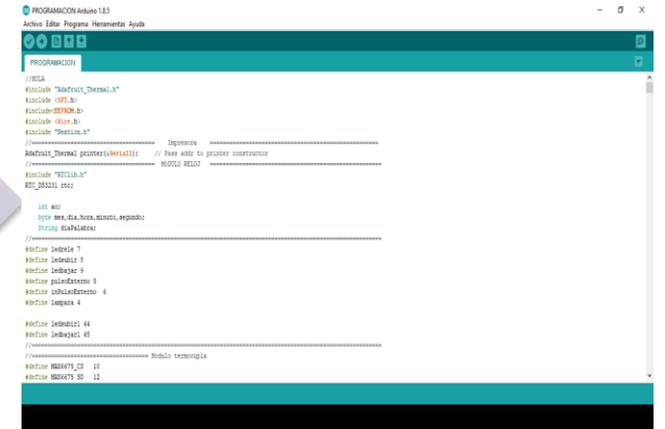
CIRCUITO DE CONTROL ELECTRÓNICO



PROGRAMACIÓN

LENGUAJE C++

- Controla los circuitos de programación como:
 - Temperatura
 - Velocidad
 - Tiempo
- Poseen caracteres, números, bits y direcciones de memoria, construcción de intérpretes, compiladores, editores de texto



```
PROGRAMACION Arduino 1.8.5
Archivo Editor Programa Herramientas Ayuda

PROGRAMACION

//BOLA
#include "Adafruit_Thermal.h"
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "Servo.h"

//=====
Adafruit_Thermal pinout(Serial1); // Para añadir to pinout constructor
#include "HTU21D.h"
#include "HTU21D.h"
HTU21D ht;

int led;
byte mes,dia,hora,minuto,segundo;
String horaMinutos;

//=====
#define ledPin 7
#define ledPin2 8
#define ledPin3 9
#define pinDireccion 5
#define subDireccion 4
#define lampara 4

#define ledPin21 44
#define ledPin21 48
//=====
//=====
#define SERIALS_01 10
#define SERIALS_02 12
```

PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS

- Por medio de interfaces humano-máquinas HMI
 - Manejo de herramientas computacionales
 - Diseño gráfico de interfaces HMI
 - Programación de pantallas táctiles Nextion



METODOLOGIA DEL TRATAMIENTO

MANUAL

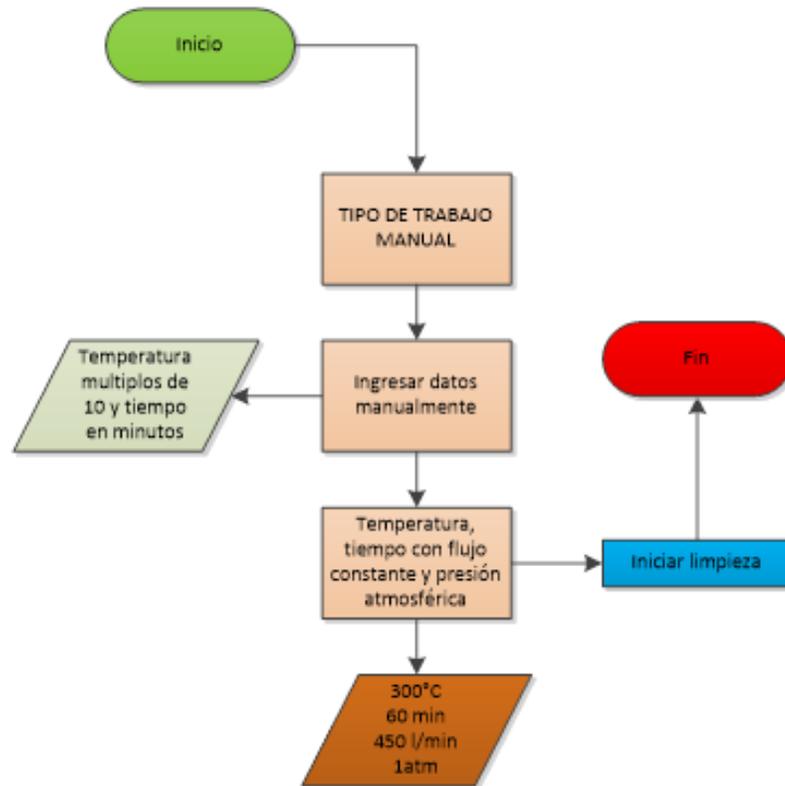


AUTOMÁTICO



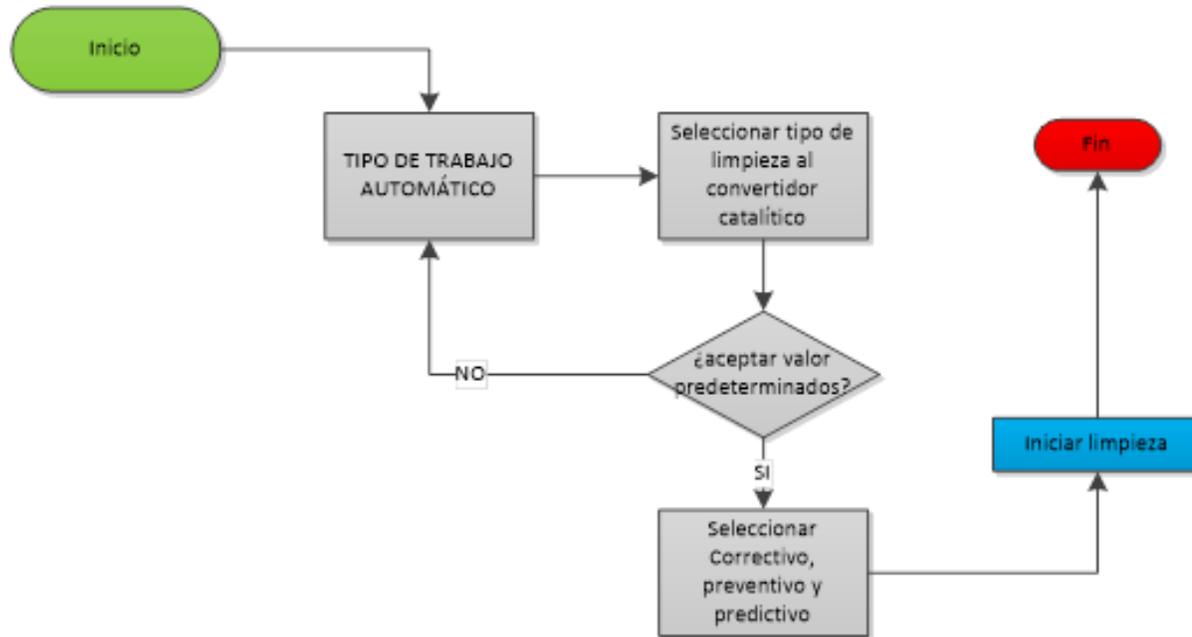
METODOLOGÍA DEL TRATAMIENTO

Método Manual



METODOLOGÍA DEL TRATAMIENTO

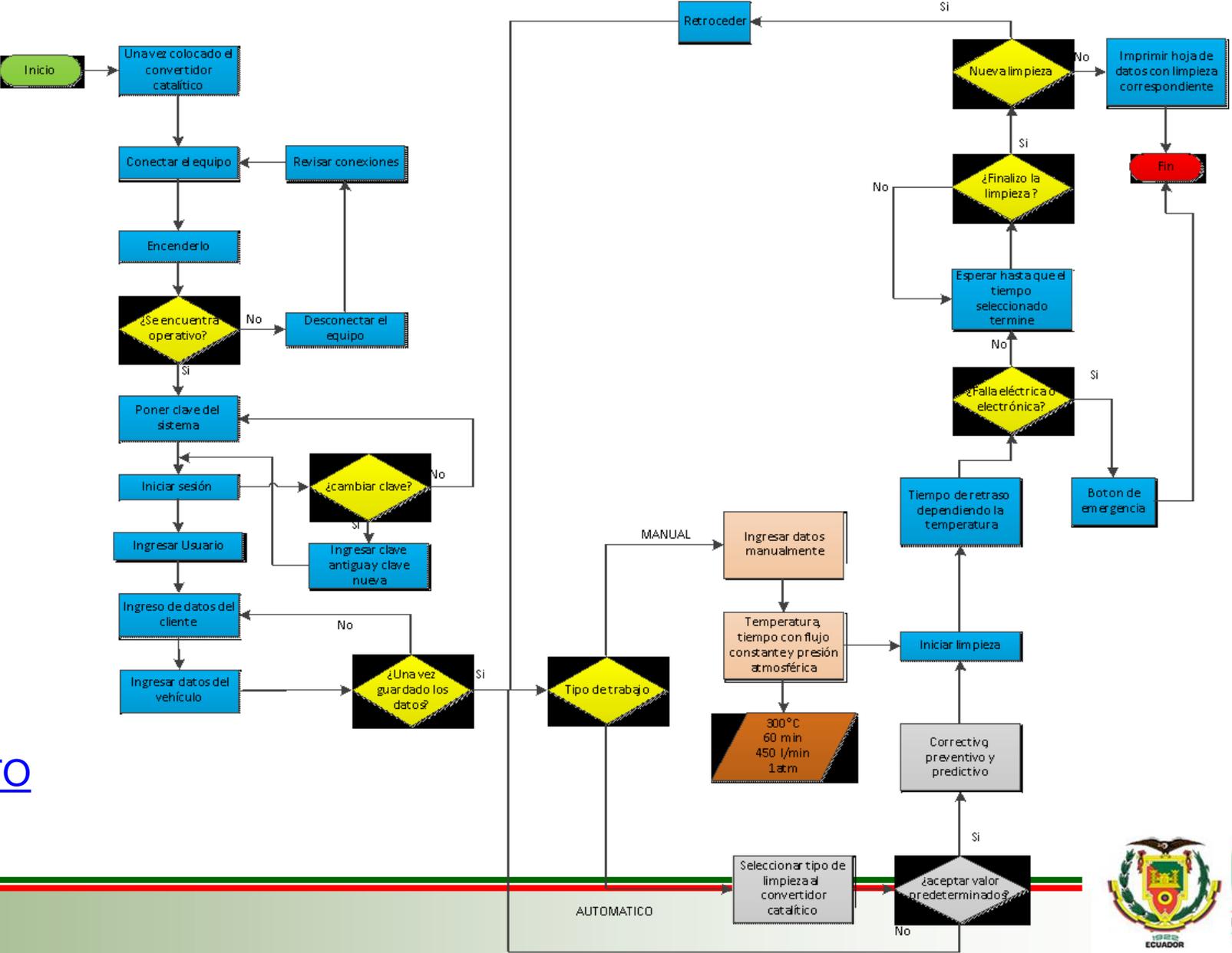
Método Automático



CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE TRABAJO
Predictivo	Convertidor catalítico a medio uso	250 °C x 30 min
Preventivo	Convertidor catalítico a uso completo	400 °C x 45 min
Correctivo	Convertidor catalítico obstruido	530 °C x 60 min



METODOLOGÍA DEL TRATAMIENTO



EQUIPO DE TRATAMIENTO



PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS EMISIONES

Test Oficial

RTV –
2014

BrainBee AUTOMOTIVE		TEST OFICIAL GASES DE ESCAPE	
ANALIZADOR GASES Número de Serie : 160513002054 Número de Homologación : CM022325/1706/NET Fecha vencimiento calibración : 18/01/2020		TACÓMETRO Número de Serie : Número de Homologación : Fecha vencimiento calibración : ESPEL:	
DATOS TALLER			
LATAJUNGA BELIZARIO QUEVEDO		ESPEL TELEPHONE FAX-EMAIL	
DATOS DEL VEHÍCULO			
Placa : FCM 9138	No. Chasis : BLAU19278F0292716	Marca : CHEVROLET	No. Sello de Escape : 1
Modelo : SAL	2 Tiempos / 4 Tiempos : 4	Año de Construcción : 2015	Odómetro :
Combustible : GASOLINA			
LÍMITES PRESCRITOS			
Temperatura Motor : 80 [°C]	Régimen Motor : 500 - 1200 [1/min]	Régimen Motor en Aceleración : 2400 - 2600 [1/min]	HC : 200 [ppmV]
CO : 0.0 [1%Vol]	CO ₂ : 14.6 [1%Vol]		
VALORES MEDIDOS			
PRUEBA AL MÍNIMO		PRUEBA EN ACCELERACIÓN	
Temp. Motor : 80 [°C]	Temp. Motor : 80 [°C]	Temp. Motor : 80 [°C]	Temp. Motor : 80 [°C]
RPM : 800 [1/min]	RPM : 2470 [1/min]	RPM : 2470 [1/min]	RPM : 2470 [1/min]
CO : 0.01 [1%Vol]	CO : 0.06 [1%Vol]	CO : 0.06 [1%Vol]	CO : 0.06 [1%Vol]
CO ₂ : 12.2 [1%Vol]	CO ₂ : 14.6 [1%Vol]	CO ₂ : 14.6 [1%Vol]	CO ₂ : 14.6 [1%Vol]
HC : 4.93 [ppmV]	HC : 0.15 [ppmV]	HC : 0.15 [ppmV]	HC : 0.15 [ppmV]
Lambda : 1.280 [-]	Lambda : 1.003 [-]	Lambda : 1.003 [-]	Lambda : 1.003 [-]
RESULTADO DEL TEST : APROBADO CON FALTA TIPO 2			
Fecha y hora de inicio prueba : 14/11/2019 10:35:40			
Fecha y hora de término prueba : 14/11/2019 10:45:25			
Examinador : ANDRES CHAMORRO			
Firma			

Estáticas

INEN 2
203, 2
204

BrainBee AUTOMOTIVE		ANÁLISIS GASES ESCAPE	
ANALIZADOR Número de serie : 160513002054		CUENTARREVOLUCIONES Número de serie : 160513002054	
ESPEL:			
LATAJUNGA BELIZARIO QUEVEDO		ESPEL TELEPHONE FAX-EMAIL	
Datos del vehículo:			
Marca : AVEO	Modelo : FAMILY	Métrica : PCV3908	No. Chasis : BLATD52Y4J0382329
Combustible : GASOLINA	Kim recorridos : 82948		
Valores relevados:			
Temp. motor [°C] : 67	RPM [1/min] : 470	CO [1%Vol] : 0.05	CO ₂ [1%Vol] : 14.6
CO [1%Vol] : 0.05	CO ₂ [1%Vol] : 14.6	HC [ppmV] : 70	O ₂ [1%Vol] : 1.54
HC [ppmV] : 70	O ₂ [1%Vol] : 1.54	NO [ppmV] : 44	
Fecha y hora prueba : 25/07/2019 09:29			
Sello			
Firma			

Eficiencia catalítica

Código de colores



Dinámicas

Pruebas de ruta

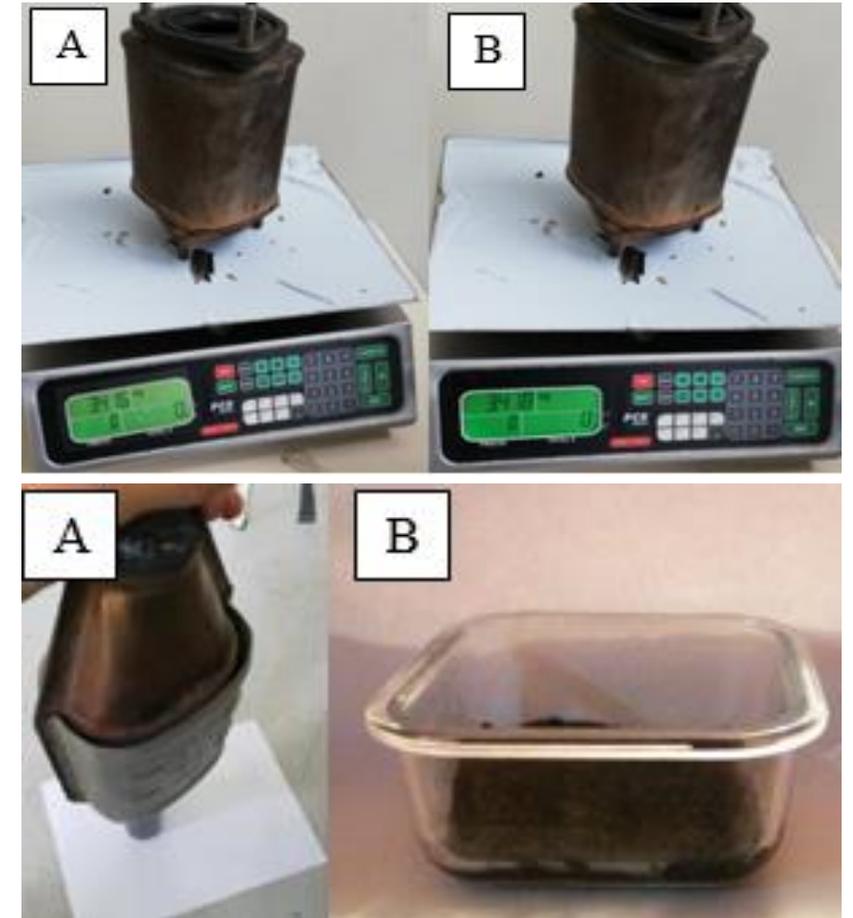


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS EMISIONES

Determinación del peso base

Catalizadores	Antes	Después	Desprendimiento del Coque
CC1 – 3 vías	3.418 kg	3.416 kg	0.06%
CC2 – 2 vías	3.242 kg	3.204 kg	1.17%
CC3 – 3 vías	3.124 kg	3.088 kg	1.15%
CC4 – 2 vías	2.228 kg	2.188 kg	1.80%



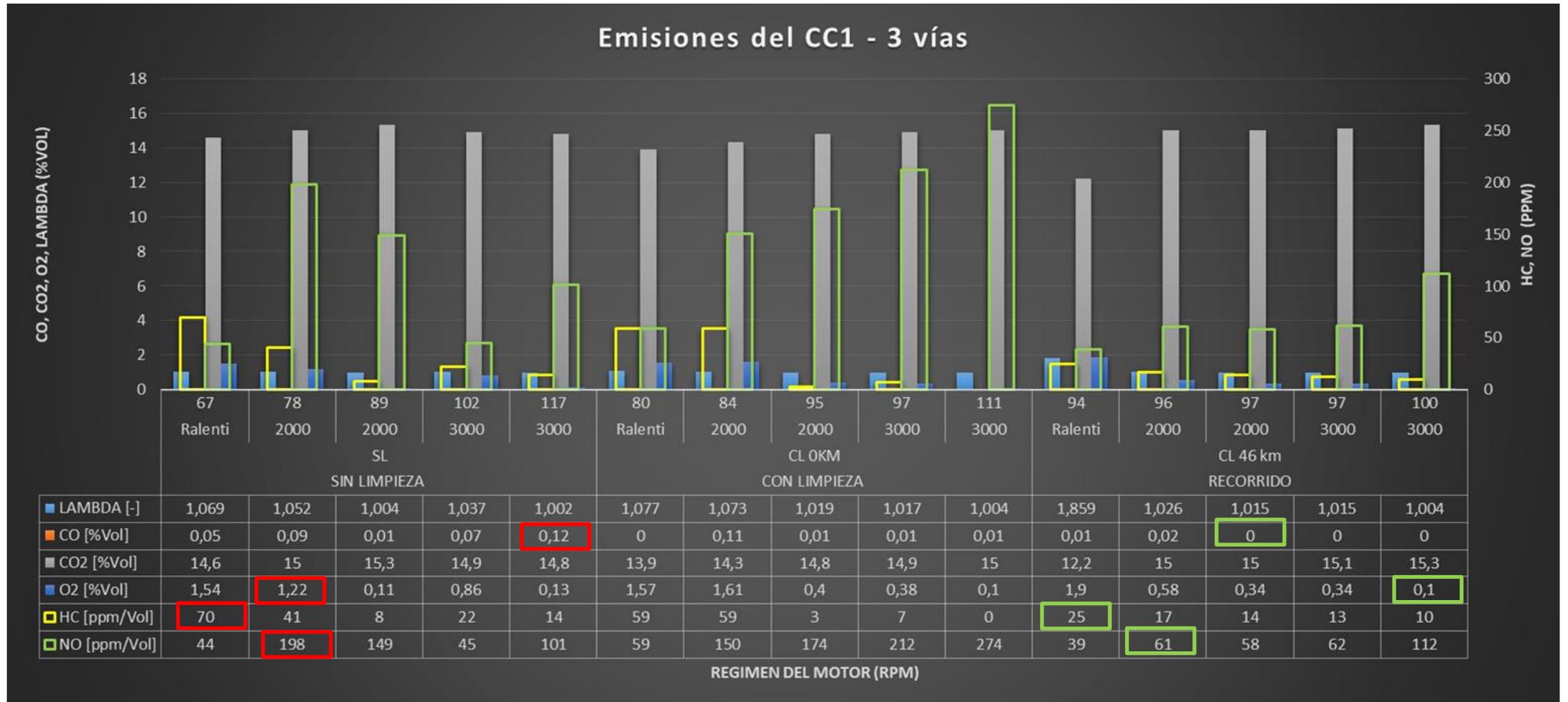
PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS

 ANÁLISIS GASES ESCAPE			
ANALIZADOR Número de serie :	AGS-688 180513000054	CUENTARREVOLUCIONES Número de serie :	
LATA CUNGA BELIZARIO QUEVEDO		ESPE-L TELEPHONE FAX - EMAIL	
Datos del vehículo:			
Marca :	CHEVROLET	Modelo :	SAIL
Matrícula :	PUM 3138	No. Chasis :	
Combustible :	GASOLINA	Km recorridos :	137842
Valores relevados:			
Temp. motor [°C] :	97	RPM [1/min] :	800
COcorr [%Vol] :	0.22	Lambda [-] :	1.919
CO [%Vol] :	0.17	CO ₂ [%Vol] :	11.5
HC [ppmVol] :	33	O ₂ [%Vol] :	15.4
NO [ppmVol] :	0		
Fecha y hora prueba :	18/11/2019 9:45		
Sello			
Firma			

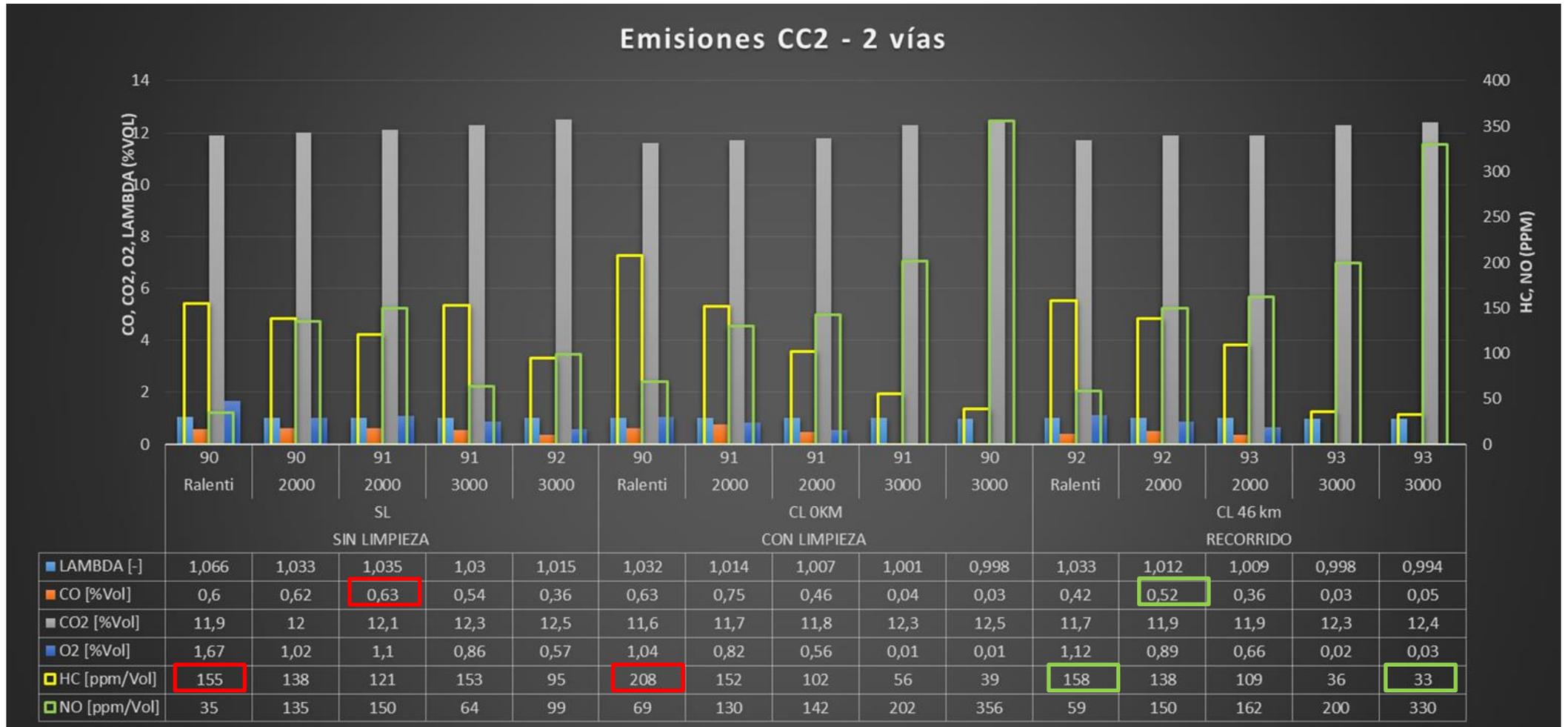
 ANÁLISIS GASES ESCAPE			
ANALIZADOR Número de serie :	AGS-688 180513000054	CUENTARREVOLUCIONES Número de serie :	
LATA CUNGA BELIZARIO QUEVEDO		ESPE-L TELEPHONE FAX - EMAIL	
Datos del vehículo:			
Marca :	CHEVROLET	Modelo :	SAIL
Matrícula :	PUM 3138	No. Chasis :	
Combustible :	GASOLINA	Km recorridos :	137842
Valores relevados:			
Temp. motor [°C] :	96	RPM [1/min] :	2050
COcorr [%Vol] :	0.45	Lambda [-] :	1.041
CO [%Vol] :	0.45	CO ₂ [%Vol] :	14.5
HC [ppmVol] :	155	O ₂ [%Vol] :	1.29
NO [ppmVol] :	150		
Fecha y hora prueba :	18/11/2019 9:46		
Sello			
Firma			



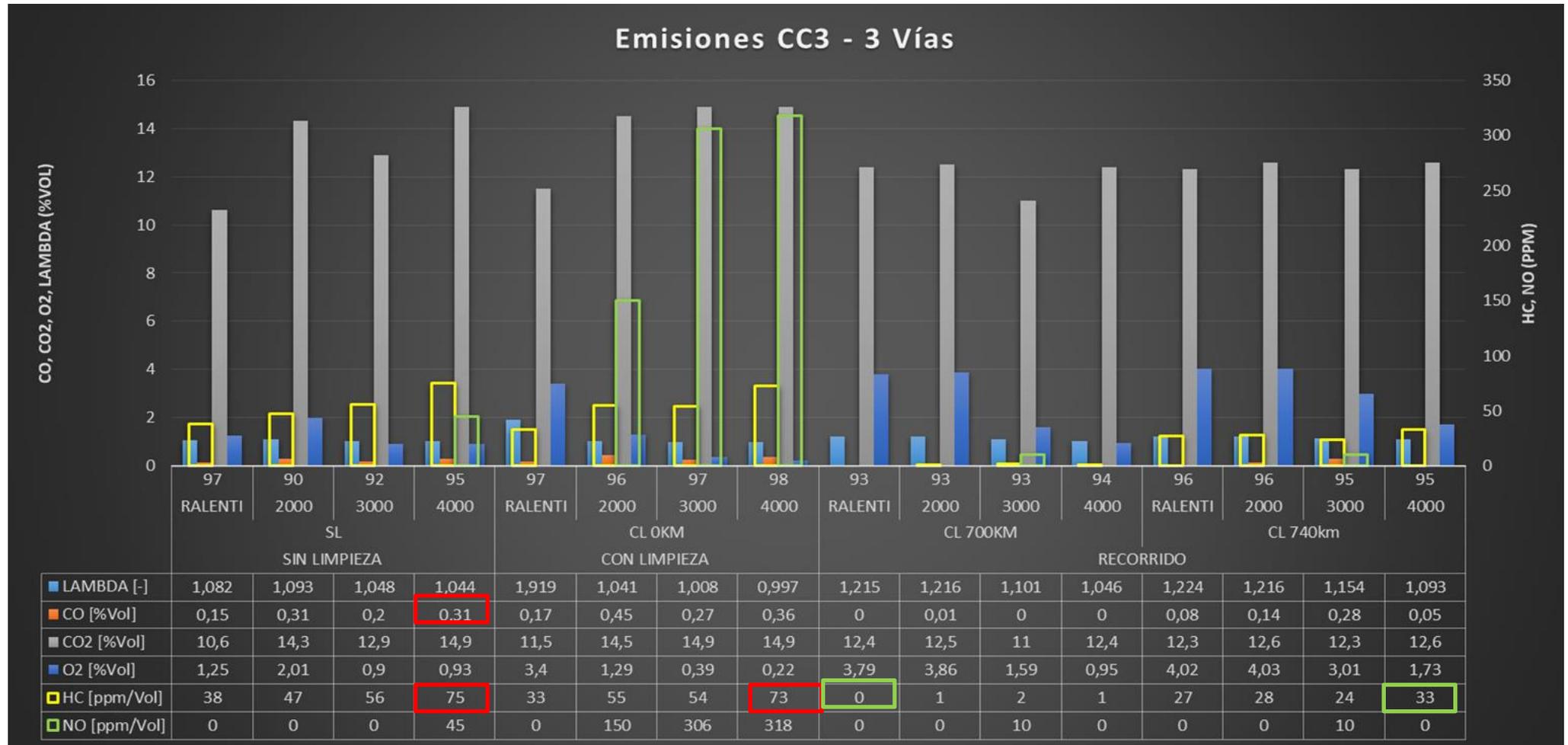
PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS



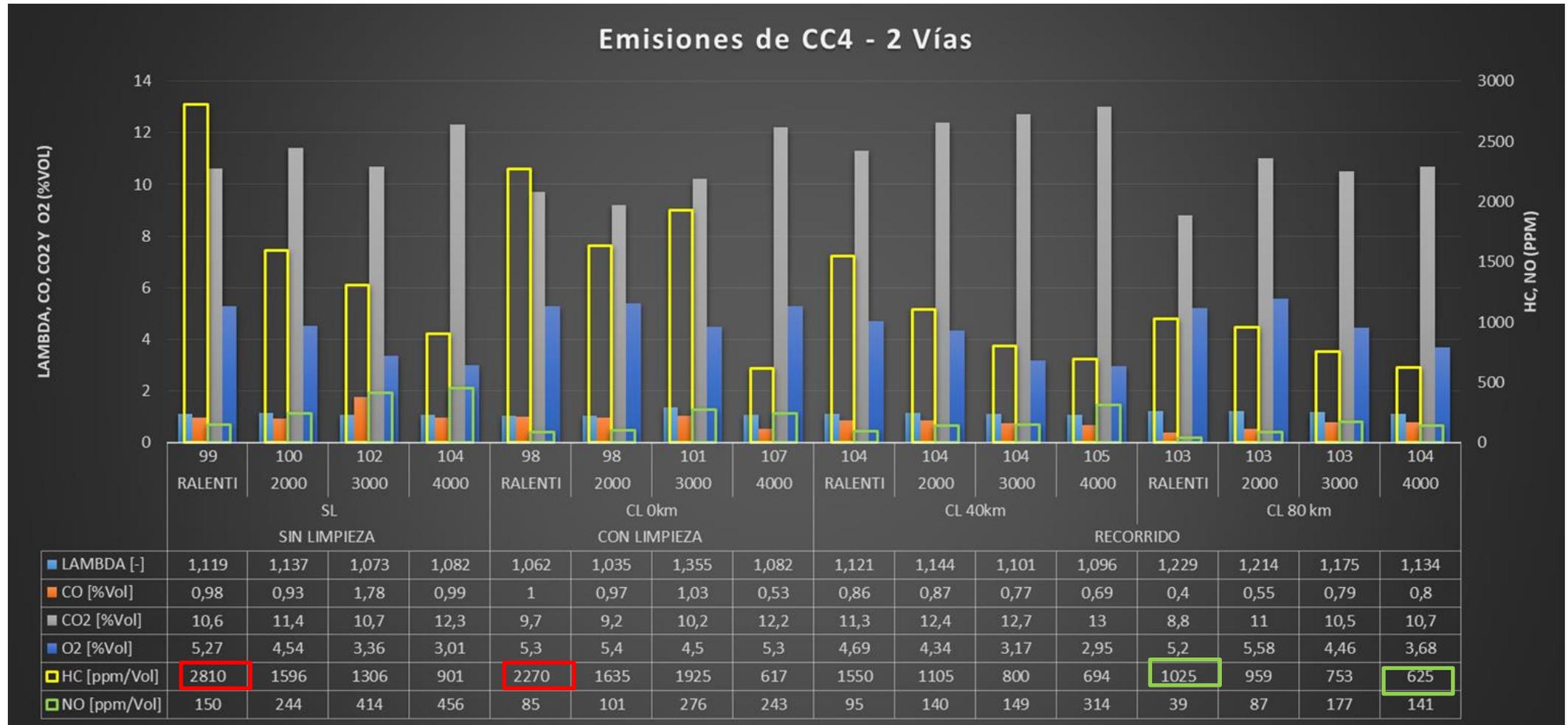
PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS



PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS

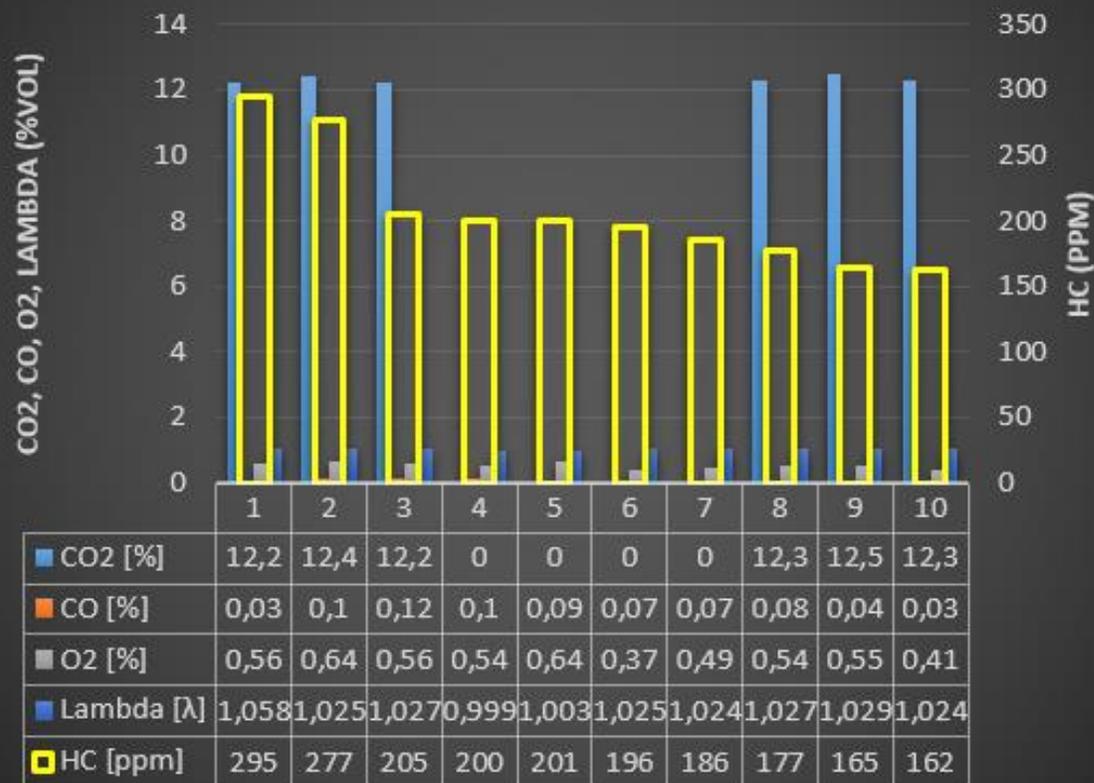


PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS



PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – DINÁMICAS

Emisiones CC1 - 3 vías Antes

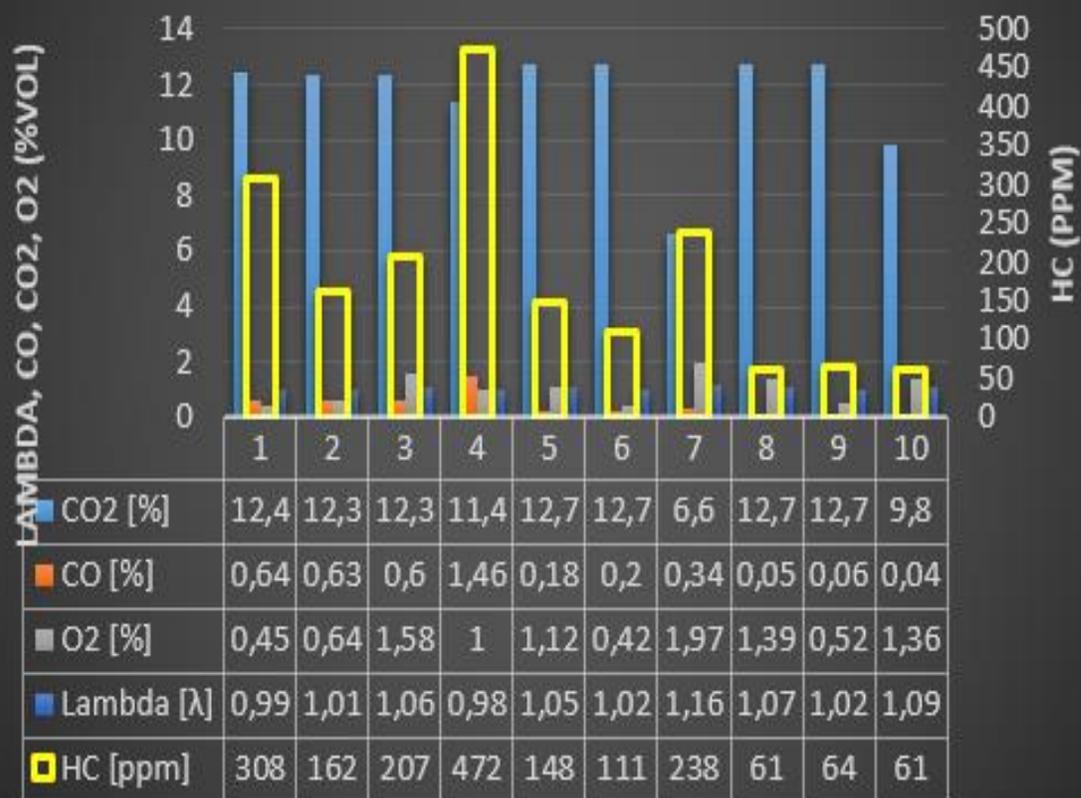


Emisiones CC1 - 3 vías despues

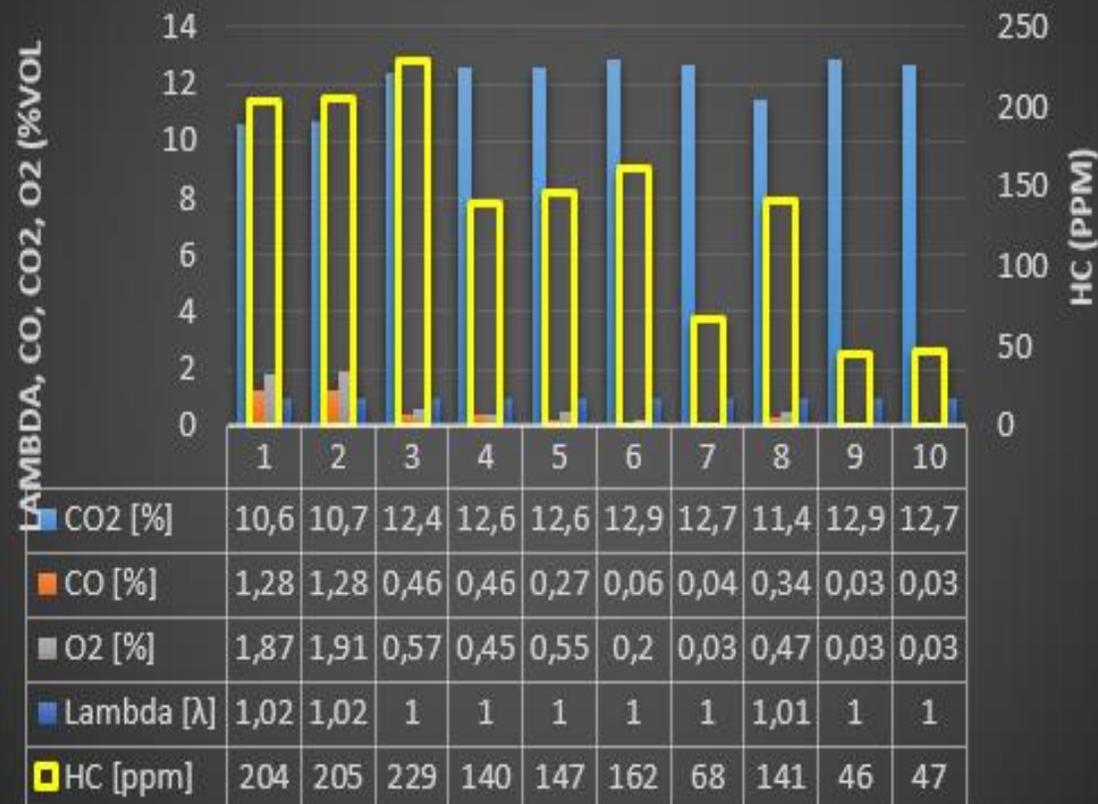


PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – DINÁMICAS

Emisiones CC2 - 2 Vías antes

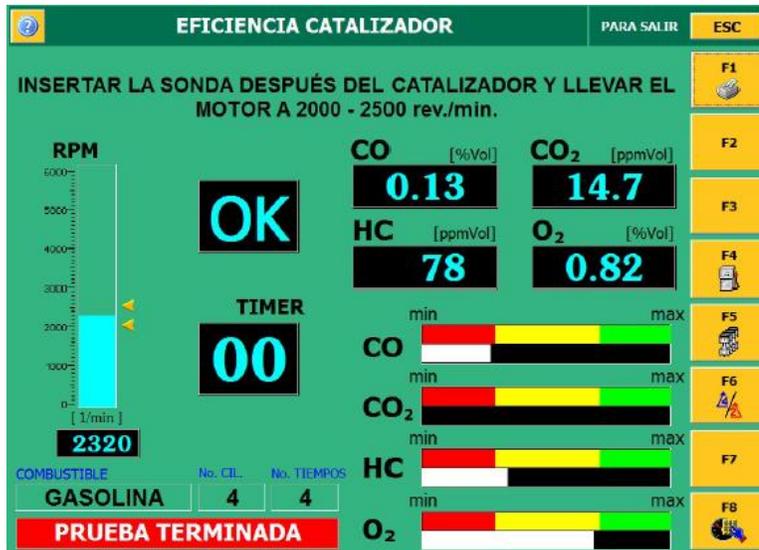


Emisiones CC2 - 2 vías después



PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – EFICIENCIA CATALÍTICA

Sin Limpieza



Con Limpieza



Con Limpieza y Recorrido



PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – TEST OFICIAL

 TEST OFICIAL GASES DE ESCAPE	
ANALIZADOR GASES : AGS-688	TACÓMETRO
Número de Serie : 160513000054	Número de Serie :
Número de Homologación : OM00292EST005cNET	Número de Homologación :
Fecha vencimiento calibración : 18/01/2020	Fecha vencimiento calibración :
DATOS TALLER	
ESPE-L LATAACUNGA TELEPHONE BELIZARIO QUEVEDO FAX - EMAIL	
DATOS DEL VEHICULO	
Placa : PCM 3138	No. Chasis : 8LAUY5279F0292715
Marca : CHEVROLET	No. Tubos de Escape : 1
Modelo : BAIL	2 Tiempos / 4 Tiempos : 4
Año de Construcción : 2015	Odómetro :
Combustible : GASOLINA	
LIMITES PRESCRITOS	
Temperatura Motor : 80 [°C]	Régimen Motor en Aceleración : 2400 - 2600 [1/min]
CO : 5.0 [%Vol]	CO : 1.0 [%Vol] HC : 200 [ppmVol]
VALORES MEDIDOS	
PRUEBA AL MINIMO	PRUEBA EN ACELERACIONE
Temp. Motor : 80 [°C]	Temp. Motor : 80 [°C]
RPM : 820 [1/min]	RPM : 2470 [1/min]
CO : 0.01 [%Vol]	CO : 0.08 [%Vol]
CO2 : 12.2 [%Vol]	CO2 : 14.9 [%Vol]
O2 : 4.53 [%Vol]	O2 : 0.15 [%Vol]
HC : 0 [ppmVol]	HC : 30 [ppmVol]
Lambda : 1.280 [-]	Lambda : 1.003 [-]
RESULTADO DEL TEST : APROBADO CON FALTA TIPO 2	
Fecha y hora de inicio prueba : 14/11/2019 10:35:40	
Fecha y hora de termine prueba : 14/11/2019 10:48:25	
Examinador : ANDRES CHAMORRO	
Firma	

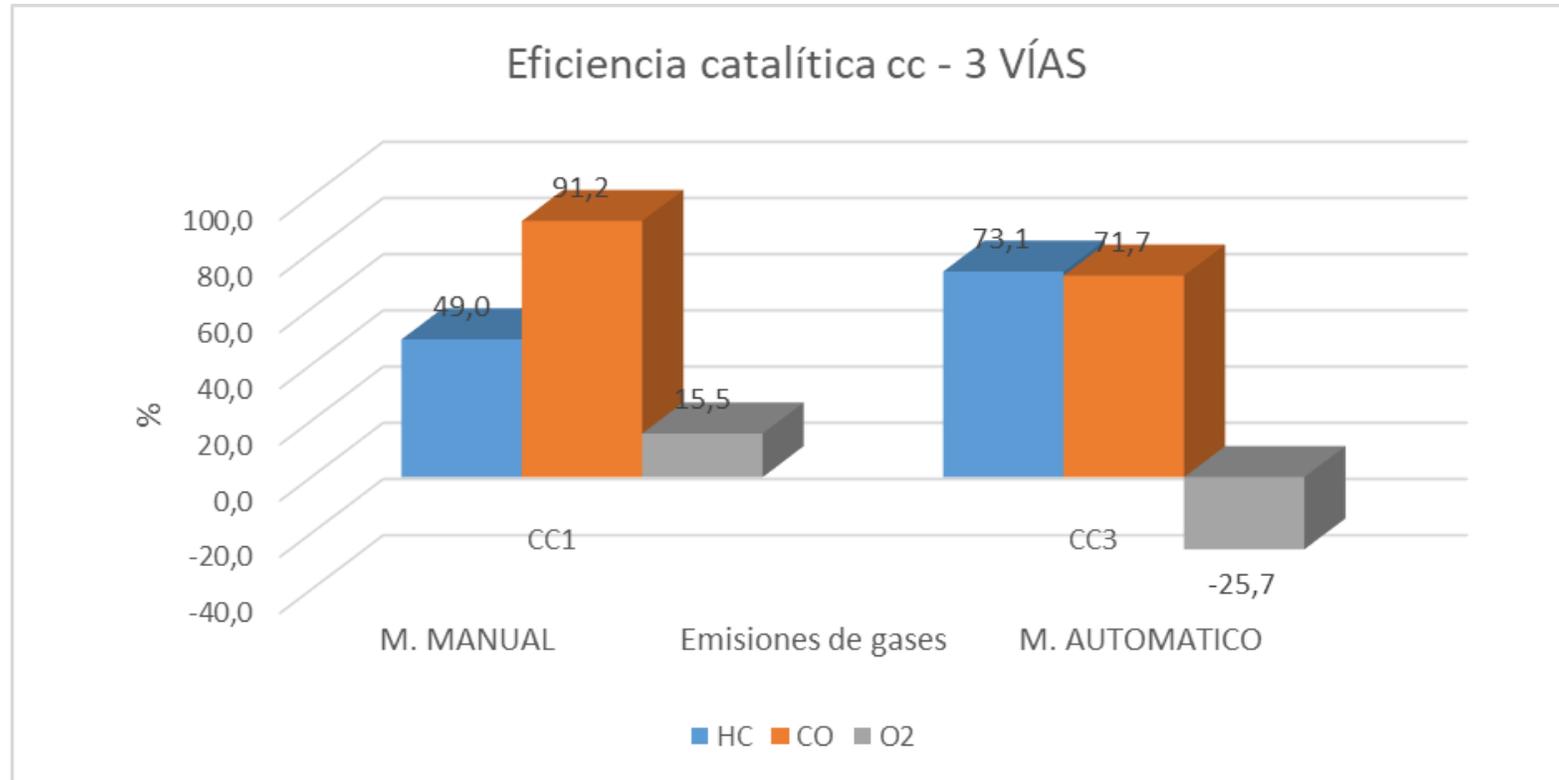
 TEST OFICIAL GASES DE ESCAPE	
ANALIZADOR GASES : AGS-688	TACÓMETRO
Número de Serie : 160513000054	Número de Serie :
Número de Homologación : OM00292EST005cNET	Número de Homologación :
Fecha vencimiento calibración : 18/01/2020	Fecha vencimiento calibración :
DATOS TALLER	
ESPE-L LATAACUNGA TELEPHONE BELIZARIO QUEVEDO FAX - EMAIL	
DATOS DEL VEHICULO	
Placa : PCM 3138	No. Chasis :
Marca : CHEVROLET	No. Tubos de Escape : 1
Modelo : BAIL	2 Tiempos / 4 Tiempos : 4
Año de Construcción : 2015	Odómetro : 137147
Combustible : GASOLINA	
LIMITES PRESCRITOS	
Temperatura Motor : 80 [°C]	Régimen Motor en Aceleración : 2400 - 2600 [1/min]
CO : 5.0 [%Vol]	CO : 1.0 [%Vol] HC : 200 [ppmVol]
VALORES MEDIDOS	
PRUEBA AL MINIMO	PRUEBA EN ACELERACIONE
Temp. Motor : 90 [°C]	Temp. Motor : 90 [°C]
RPM : 800 [1/min]	RPM : 2450 [1/min]
CO : 0.03 [%Vol]	CO : 0.17 [%Vol]
CO2 : 1.0 [%Vol]	CO2 : 15.0 [%Vol]
O2 : 13.0 [%Vol]	O2 : 1.40 [%Vol]
HC : 0 [ppmVol]	HC : 29 [ppmVol]
Lambda : --- [-]	Lambda : 1.059 [-]
RESULTADO DEL TEST : RECHAZADO	
Fecha y hora de inicio prueba : 18/11/2019 09:31:47	
Fecha y hora de termine prueba : 18/11/2019 09:36:37	
Examinador : ANDRES CHAMORRO	
Firma	

 TEST OFICIAL GASES DE ESCAPE	
ANALIZADOR GASES : AGS-688	TACÓMETRO
Número de Serie : 160513000054	Número de Serie :
Número de Homologación : OM00292EST005cNET	Número de Homologación :
Fecha vencimiento calibración : 18/01/2020	Fecha vencimiento calibración :
DATOS TALLER	
ESPE-L LATAACUNGA TELEPHONE BELIZARIO QUEVEDO FAX - EMAIL	
DATOS DEL VEHICULO	
Placa : PCM 3138	No. Chasis :
Marca : CHEVROLET	No. Tubos de Escape : 1
Modelo : BAIL	2 Tiempos / 4 Tiempos : 4
Año de Construcción : 2015	Odómetro : 138490
Combustible : GASOLINA	
LIMITES PRESCRITOS	
Temperatura Motor : 80 [°C]	Régimen Motor en Aceleración : 2400 - 2600 [1/min]
CO : 5.0 [%Vol]	CO : 1.0 [%Vol] HC : 200 [ppmVol]
VALORES MEDIDOS	
PRUEBA AL MINIMO	PRUEBA EN ACELERACIONE
Temp. Motor : 91 [°C]	Temp. Motor : 91 [°C]
RPM : 780 [1/min]	RPM : 2470 [1/min]
CO : 0.01 [%Vol]	CO : 0.00 [%Vol]
CO2 : 13.0 [%Vol]	CO2 : 14.9 [%Vol]
O2 : 2.25 [%Vol]	O2 : 0.51 [%Vol]
HC : 10 [ppmVol]	HC : 1 [ppmVol]
Lambda : 1.121 [-]	Lambda : 1.024 [-]
RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS	
Fecha y hora de inicio prueba : 28/11/2019 12:35:13	
Fecha y hora de termine prueba : 28/11/2019 12:37:37	
Examinador : ANDRES CHAMORRO	
Firma	



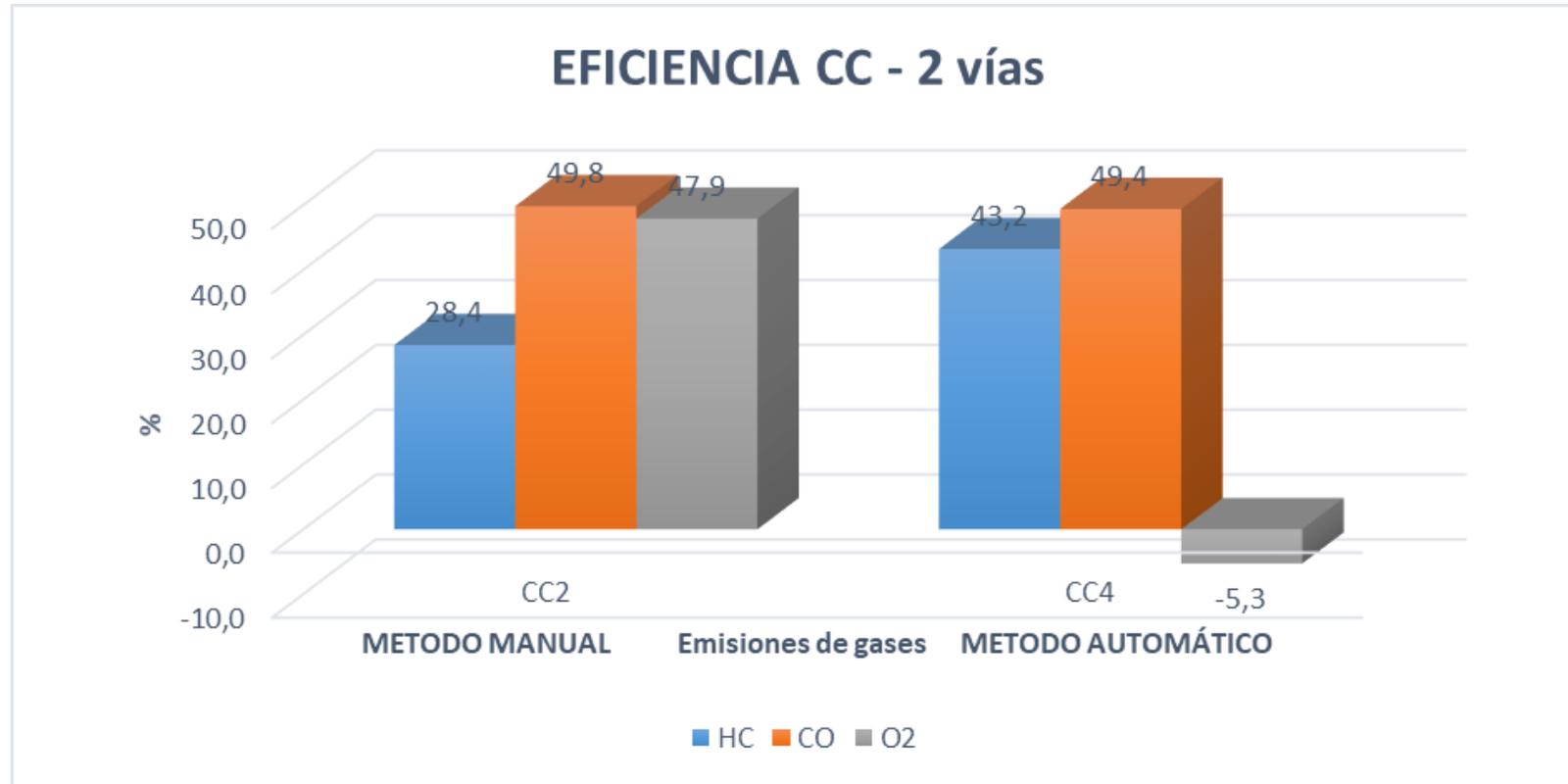
PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS

Comparación de métodos de limpieza



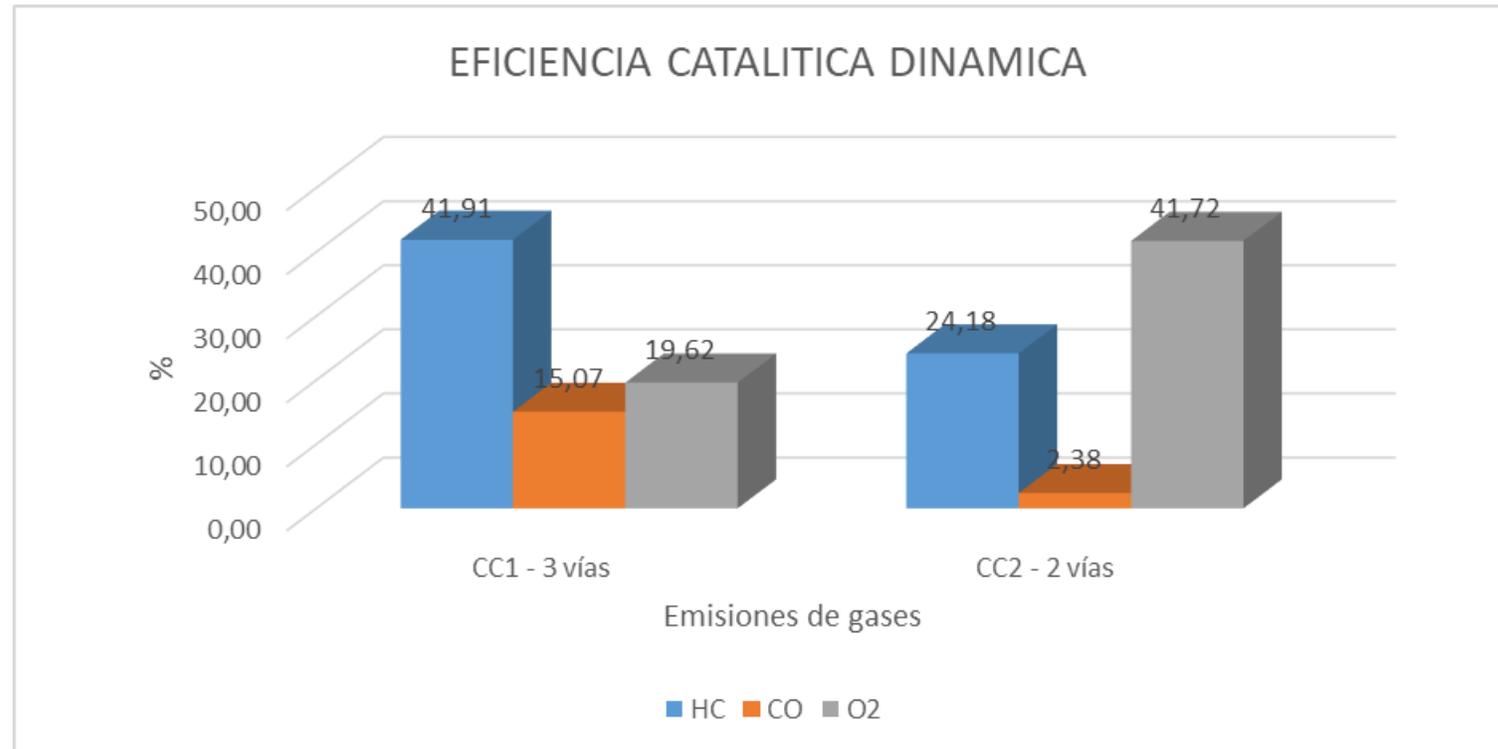
PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – ESTÁTICAS

Comparación de métodos de limpieza



PRUEBAS Y ANÁLISIS RESULTADOS DE EMISIONES – DINÁMICAS

Comparación de métodos de limpieza



CONCLUSIONES

- Se levantó información científica – técnica, para el diseño del equipo de tratamiento de convertidores catalíticos a través de dos métodos de limpieza
- En las pruebas de laboratorio se determinó que la temperatura ideal para el proceso de tratamiento del monolito en los CC, de 300°C en un tiempo determinado de 40 min, tiempo en el que se determina la máxima calcificación de la carbonilla producto de la formación y adherencia de las especies metálicas de dicho componente automotriz.
- La emisión de los gases contaminantes durante la prueba estática con el vehículo de prueba compuesto por un CC no tratado de dos vías, conforme va avanzando el tiempo el CO₂ se mantiene con variaciones poco significativas con un valor promedio de 11.56%, en los valores de CO se evidencia un descenso progresivo de 0.64% a 0.04% conforme la temperatura del motor alcanza su funcionamiento óptimo, se observa un valor mínimo de 0.45% en O₂ con varias fluctuaciones durante toda la prueba, los HC a medida que la prueba avanza sus emisiones disminuyen con un valor promedio de 183.2 ppm que están dentro de los valores de los límites establecidos en la norma técnica ecuatoriana INEN 2 204; pero se lo aprueba con falta tipo2.



CONCLUSIONES

- Las pruebas estáticas fueron positivas en comparación a las dinámicas en los CC - 2 vías en la eficiencia catalítica, ya que se obtuvo en la etapa de limpieza manual valores altos equilibrados en dos emisiones con un 49.82% de CO y 47.9% en O₂, mientras que por el método automático llegó a alcanzar una eficiencia de 49.4% CO.
- El método manual resultó ser más eficiente para realizar la limpieza, debido a que la eficiencia en las tres emisiones estudiadas se eleva más de un 40% en convertidores catalíticos en tres vías y 35% en convertidores de dos vías.
- Para el método de limpieza automático la eficiencia catalítica resultó ser negativa en la emisión del oxígeno disminuyendo la eficiencia en un 25 % en CC- 3 vías y un 5% en CC – 2 vías, mientras que los HC y CO se mantienen con una eficiencia positiva y regular



RECOMENDACIONES

- A fin de optimizar el banco de tratamiento de CC de dos – tres vías y optimizar el proceso de limpieza es necesario recuperar las especies metálicas de los metales preciosos del monolito por lo cual se requiere la inyección hidrógeno la que se podría ejecutar con un generador de inyección.
- Calibrar y mantener con filtros limpios al analizador de emisiones, para que los resultados sean mejores y con mayor precisión.
- Para que los datos sean lo más exactos posibles, se recomienda utilizar mayor cantidad de catalizadores usados u obstruidos de diferentes marcas en el mercado.



*“No es grande el que siempre
triunfa, sino el que jamás se
desalienta”*

