



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Sede
Latacunga**



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

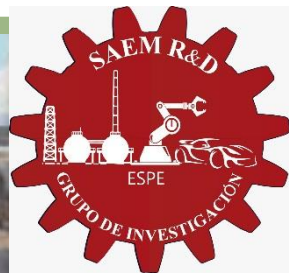
**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DE LA REGENERACIÓN DE CONVERTIDORES
CATALÍTICOS DE VEHÍCULOS MEDIANTE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
METALES EN MONOLITOS”**

**AUTORES:
CAISALITIN YÁNEZ, LUIS MIGUEL
CRUZ GUANOLUISA, EDWIN RICARDO**

**DIRECTOR:
ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO**

**LATACUNGA
MARZO, 2021**





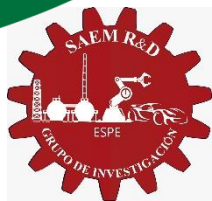
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Sede
Latacunga**



**“CUANDO TODO PAREZCA ESTAR EN TU CONTRA,
RECUERDA QUE LOS AVIONES SE ELEVAN
CONTRA EL VIENTO, NO CON EL VIENTO”**

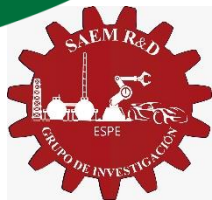
HENRY FORD





CONTENIDO

- Resumen
- Antecedentes investigativos
- Planteamiento del Problema
- Metas
- Objetivo General
- Objetivos Específicos
- Hipótesis
- Introducción
- Equipo micro reactor
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones





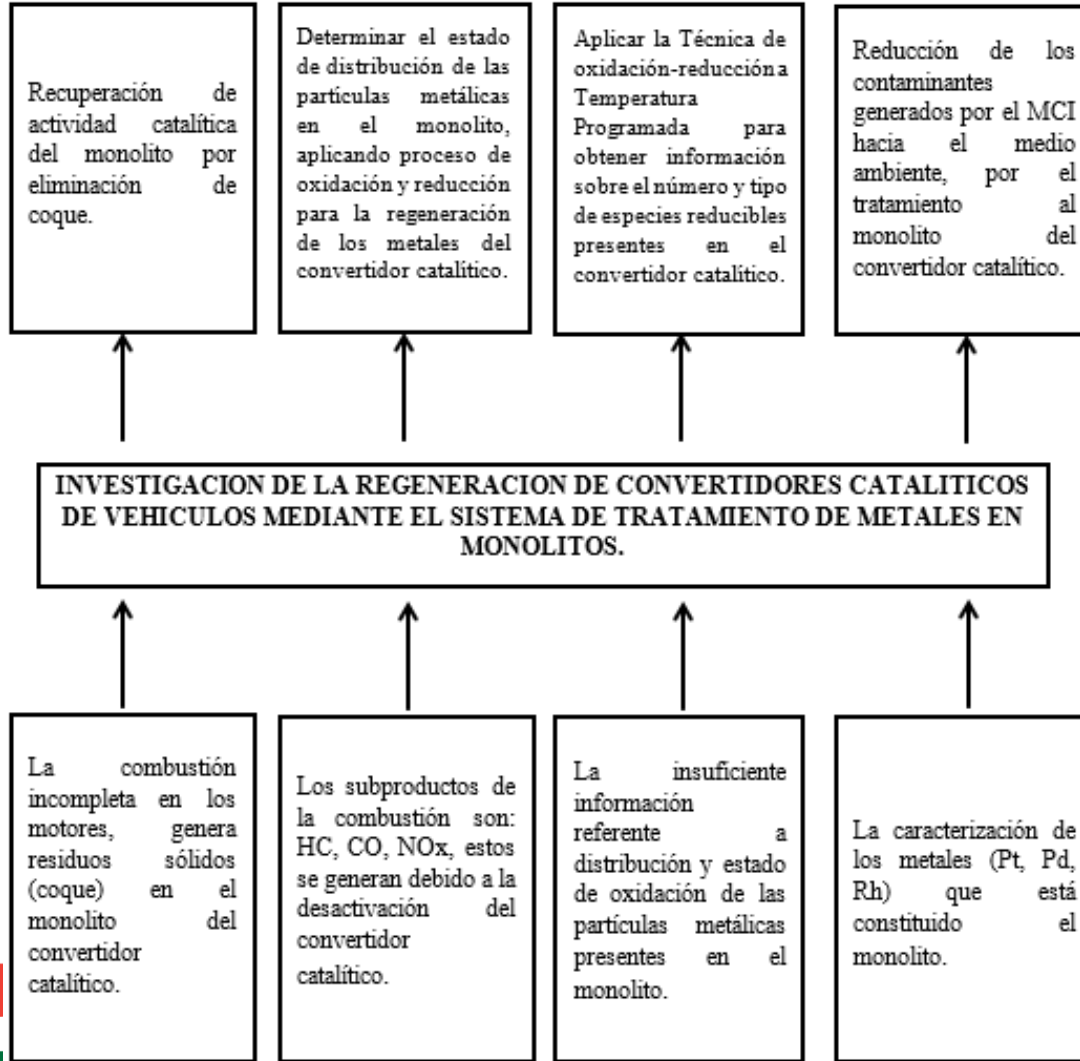
RESUMEN

La presente investigación estudia y analiza la regeneración de los metales de monolito de convertidores catalíticos de vehículos a gasolina, con la ejecución del método de oxidación – reducción a temperatura, tiempo de exposición y flujo constante de gases inertes como N₂ y H₂; tomando muestras de monolito de forma rectangular para el estudio, además se realizó el proceso de manufactura de un micro reactor para el tratamiento de los metales y se analizó el comportamiento de emisiones después de la regeneración mediante un analizador de gases.





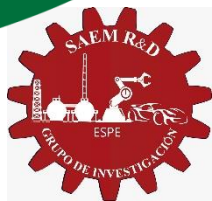
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA





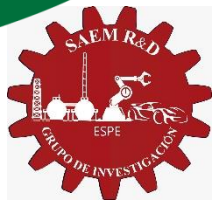
METAS

- Diseñar y construir un micro reactor para realizar las pruebas de regeneración en la superficie metálica del monolito.
- Crear e implementar un protocolo para realizar pruebas de laboratorio del monolito, donde se establezca el mayor campo de acción indicando cantidades de muestras estudiadas para encontrar el 60% de fiabilidad de estudio, evidenciando resultados medibles, sujetos a comprobación.





- Los resultados serán utilizados para realizar posteriores estudios de tratamiento de monolito y como se da la regeneración de los metales, sea el caso de la limpieza del convertidor catalítico, en la que como dato técnico específico es la temperatura, flujo de gases y el tiempo de exposición.
- La interpretación de los resultados, marca un eje fundamental, para toda persona que lea la investigación debe entender el proceso que se ejecutó para llegar a los datos citados, dejando el núcleo fundamental de la investigación.





OBJETIVO GENERAL

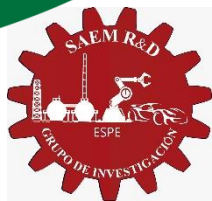
Investigar la regeneración de convertidores catalíticos de vehículos mediante el sistema de tratamiento de metales en monolitos.





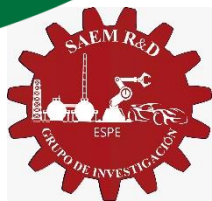
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un micro - reactor que permita realizar las pruebas de regeneración mediante el método de oxidación-reducción de metales.
- Construir un micro reactor con materiales que permitan una óptima transferencia de calor interna en el mismo, que permita controlar la temperatura para realizar las pruebas de regeneración.





- Especificar la puesta en operación de los sistemas de reacción para realizar las pruebas de regeneración.
- Adecuar muestras de monolito de forma de prisma rectangular de dimensiones 20 mm x 20 mm x 20 mm para realizar los análisis de la superficie metálica antes y después de los procesos de oxidación - reducción.





- Ejecutar pruebas con un analizador de gases en un vehículo para comparar las emisiones generadas por el convertidor catalítico regenerado y uno nuevo, de tal manera de validar la técnica de regeneración de la fase activa de los mismos.
- Establecer las condiciones óptimas para la regeneración efectiva de los metales en la superficie del convertidor catalítico usado.





HIPÓTESIS

¿Es posible reducir en un 70% los niveles iniciales de los gases de emisión de CO, HC, NOx provenientes del convertidor catalítico gastado, luego de la regeneración por el método de oxidación - reducción del monolito?



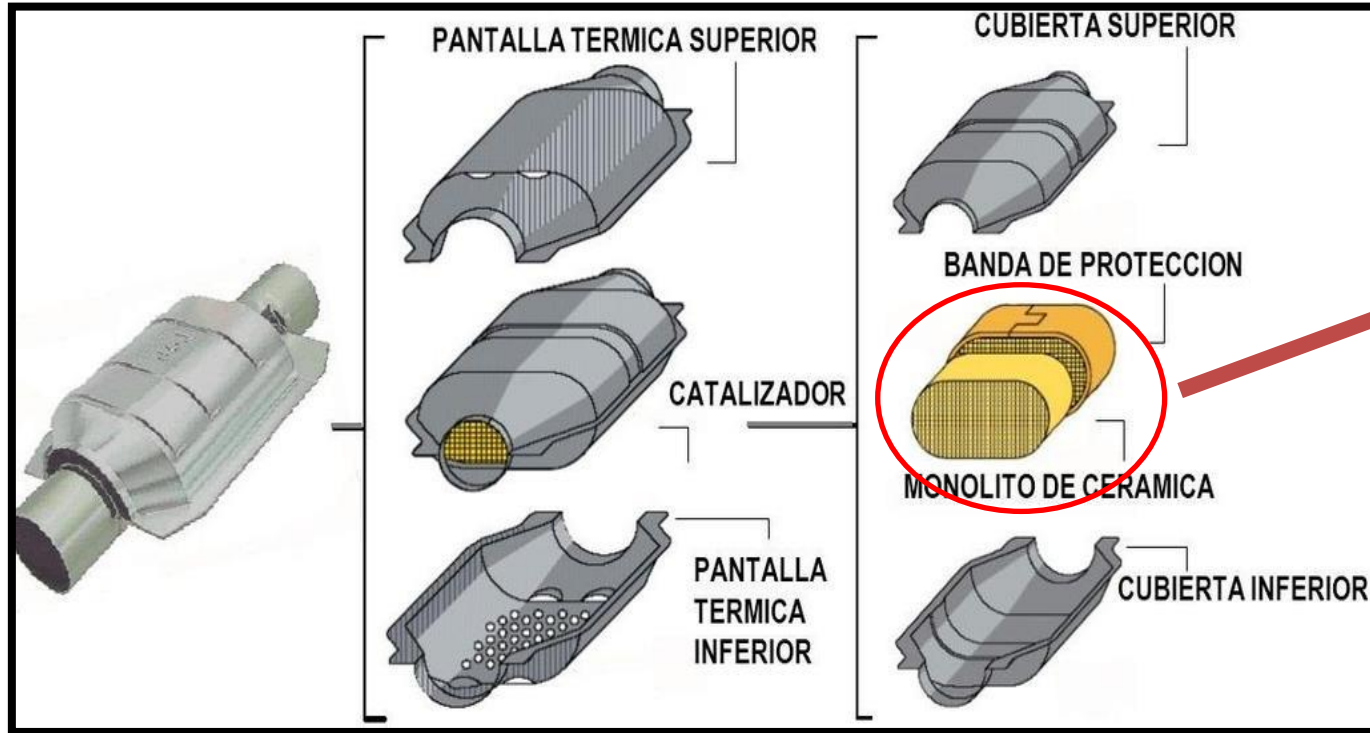
INTRODUCCIÓN

¿QUE ES UN CONVERTIDOR CATALÍTICO?

Los convertidores reducen hasta 80% los gases contaminantes que produce un auto

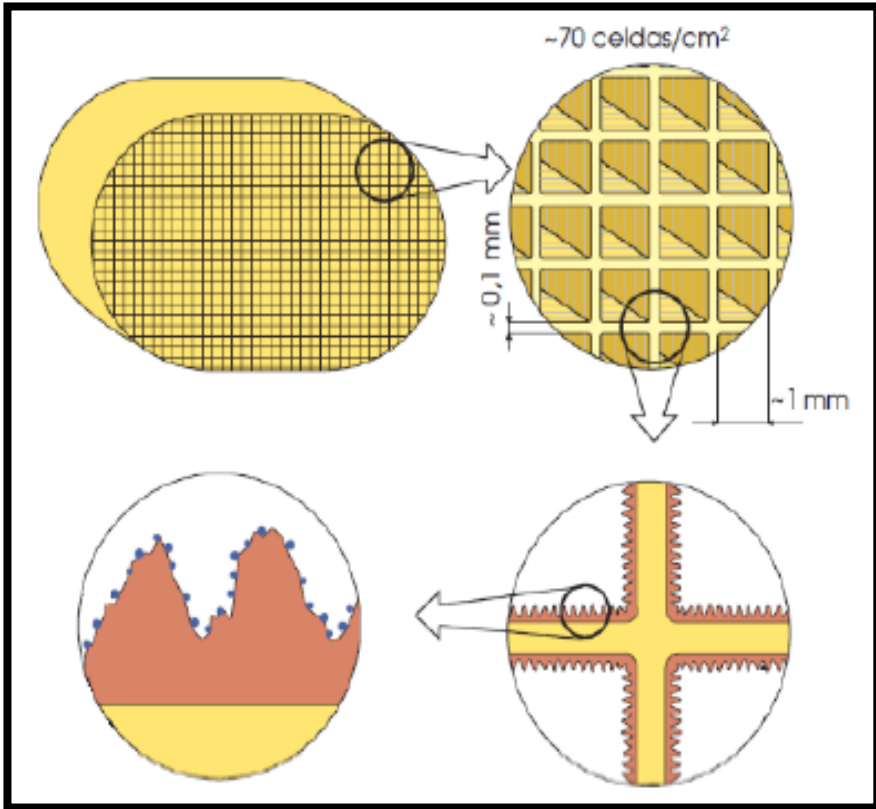


Estructura



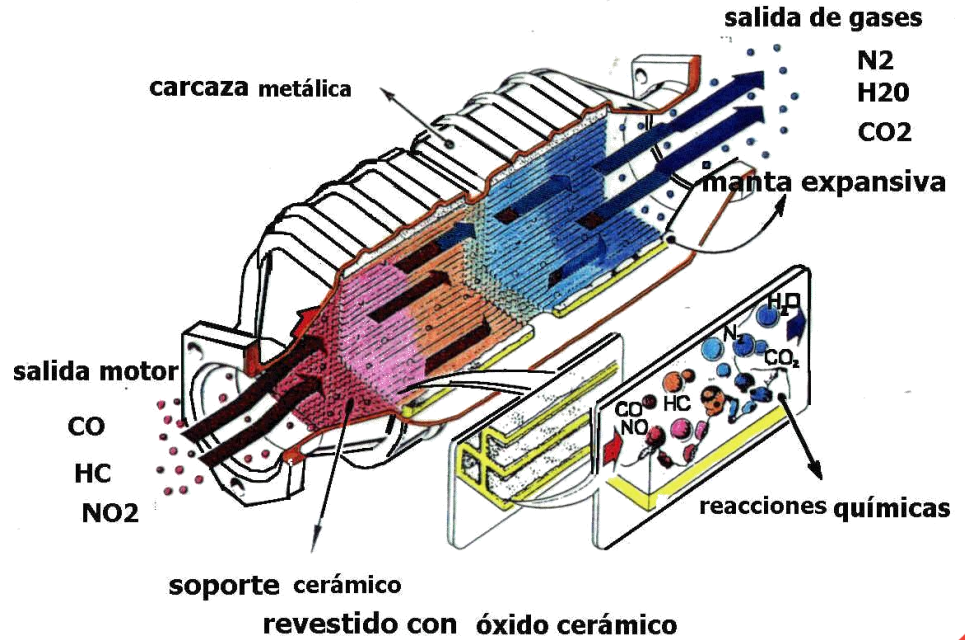
Oxidación
Reducción
wash coat

Monolito – Constitución interna



Las concentraciones en el monolito están alrededor de los 0.1 % – 0.15 %, con una relación platino (Pt) – paladio (Pd) de 2.5 a 1 y platino (Pt) – rodio (Rh) de 5 a 1

TIPOS DE CONVERTIDORES CATALÍTICOS

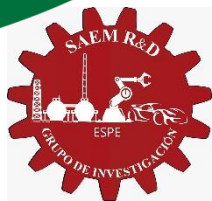




PROCESOS QUÍMICOS DEL CONVERTIDORES CATALÍTICOS

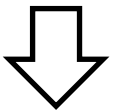
PROCESOS QUÍMICOS PRODUCIDOS EN CATALIZADORES DE 3 VÍAS

Proceso	Entrada	Combinación	Salida
Oxidación	CO	O ₂	CO ₂
Oxidación	HC	O ₂	CO ₂ + H ₂ O
Reducción	NO _x	CO	CO ₂ + N ₂

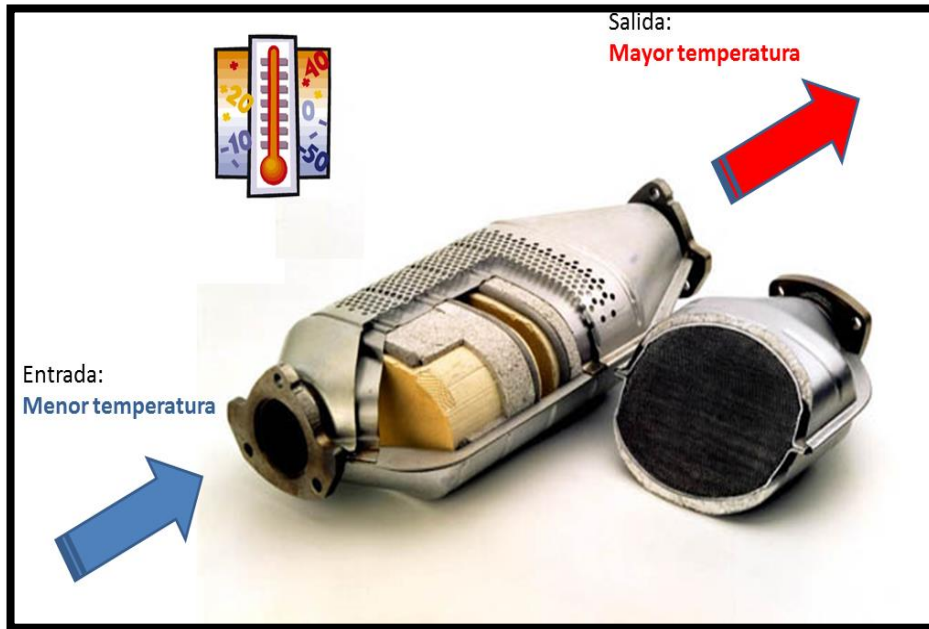


TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO

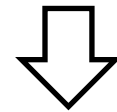
Eliminación de
los gases de
escape



200 °C a 250 °C

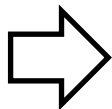


Funcionamiento
normal del
catalizador



400 °C a 800 °C

Sinterización
Metales

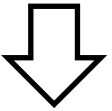


1000 °C a 1400 °C



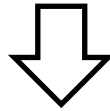
DESACTIVACIÓN DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO

Envejecimiento



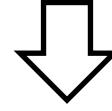
Exposición a altas temperaturas mayor a 800 °C

Envenenamiento

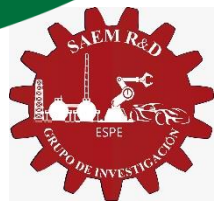


Perdida de la actividad catalítica por presencia de sustancias como compuestos de azufre y agua

Contaminación por carbono



Presencia de coque producto de la combustión incompleta



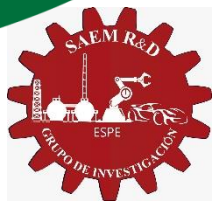


REGENERACIÓN DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO

VIDA PROMEDIO: 80.000 km y
100.000 km recorridos

TÉRMICA:
Produce la re -
dispersión del metal
en el catalizador.

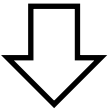
QUÍMICA:
Utilizan ácidos
orgánicos débiles como
el oxálico, el acético y el
cítrico.





GASES PARA LA REGENERACIÓN DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO

Oxígeno O_2



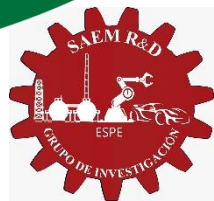
Necesario en el
proceso de la
oxidación

Nitrógeno N_2



Necesarios en el
proceso de reducción

Hidrógeno H_2



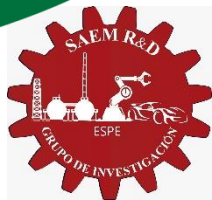


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sede
Latacunga



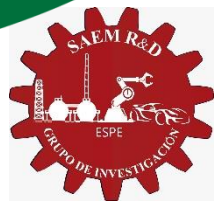
EQUIPO MICRO REACTOR PARA TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE MONOLITOS DE CONVERTIDORES CATALÍTICOS





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sede
Latacunga



COMPONENTES

MICRO REACTOR



Elementos	Materiales	Medidas
Tubo redondo	Acero inoxidable 304	L = 42 cm
		D = 3,18 cm
		e = 0,15 cm
Resistencia eléctrica	Acero CAST IRON	L = 200 cm
		D = 0,8 cm
Lamina metálica (2)	Acero inoxidable	L = 38 cm
		a = 32 cm
		e = 0,1 cm
Fibra	Cerámico	L = 38 cm
		a = 32 cm
		e = 0,3 cm

COMPONENTES

CONTROL DE TEMPERATURA



Elementos	Materiales	Características y medidas
Gabinete	Metálico	L = 30 cm a = 30 cm p = 20 cm
Controlador (4)	Plastico	L = 7 cm a = 7 cm p = 11 cm
Termocupla "K"	Cromel (Cromo - Aluminio)	T = 600 °C L = 100 cm D _s = 0,45 cm
Relé SSR	-	I = 42 A V _{load} = 220 Vac V _{input} = 110 Vac
Interruptor on/off	-	-

COMPONENTES

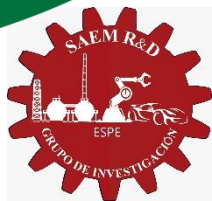
CONTROL DE FLUJO DE GASES



Elementos	Materiales	Características y medidas
Placa	Acrilico	L = 35 cm
		a = 35 cm
		e = 0,5 cm
Flujometro (2)	Vidrio	V = 1 l/min
Llave de paso (2)	Cobre	L = 4,2 cm
		D = 0,635 cm
Tee (2)	Cobre	L = 6,8 cm
		D = 0,635 cm
Acoples hembra (2)	Cobre	L = 5,5 cm
		D = 0,635 cm
Manguera flexible	Poliuretano	D = 1,25 cm
		e = 0,3 cm
		P = 300 PSI



ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS TRATADAS DEL MONOLITO CON EL MÉTODO OXIDACIÓN – REDUCCIÓN

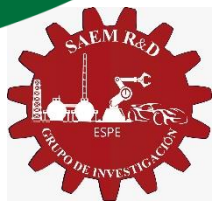




PROCESO DE OXIDACIÓN - REDUCCIÓN

En esta tabla se puede observar el peso y dimensiones de las muestras del monolito utilizadas para el tratamiento.

Muestra	Peso (g)	Dimensiones (mm)
M ₁	4,195	19 mm x 18 mm x 19 mm
M ₂	4,552	19 mm x 19 mm x 19 mm
M ₃	4,288	19 mm x 19 mm x 19 mm
M ₄	4,180	19 mm x 18 mm x 19 mm

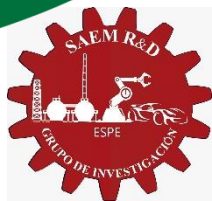




CONDICIONES DEL PROCESO DE OXIDACIÓN

En esta tabla se puede observar la relación de los gases, velocidad de calentamiento, temperatura de oxidación, tiempo de exposición y flujo total para el proceso de oxidación.

Muestra	Relación O_2/N_2 (%, $\frac{v}{v}$)	Velocidad de calentamiento ($\frac{°C}{min}$)	Temperatura de oxidación (°C)	Tiempo de exposición (min)	Flujo total ($\frac{cc}{min}$)
M ₁	48	10	300	60	162,5
M ₂	46	10	300	60	155,0
M ₃	51	10	300	60	170,2
M ₄	50	10	300	60	169,2

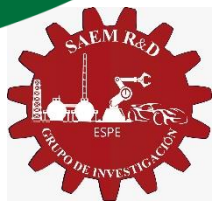




CONDICIONES DEL PROCESO DE REDUCCIÓN

En esta tabla se puede observar la relación de los gases, velocidad de calentamiento, temperatura de oxidación, tiempo de exposición y flujo total para el proceso de reducción.

Muestra	Relación H_2/N_2 (%, $\frac{v}{v}$)	Velocidad de calentamiento ($\frac{^{\circ}C}{min}$)	Temperatura de reducción ($^{\circ}C$)	Tiempo de exposición (min)	Flujo total ($\frac{cc}{min}$)
M ₁	40	10	350	60	138,2
M ₂	39	10	300	60	139,8
M ₃	42	10	350	60	139,1
M ₄	40	10	300	60	141,1





VARIACIÓN DE LAS MUESTRAS DESPUÉS DEL PROCESO DE OXIDACIÓN - REDUCCIÓN

En esta tabla se puede observar el peso de las muestras antes y después del tratamiento de oxidación – reducción, además de la variación y porcentaje de pérdida del peso.

Muestra	Peso (g) antes del tratamiento	Peso (g) después del tratamiento	Variación de peso (Δp)	% pérdida de peso
M ₁	4,195	4,151	0,044	1,04
M ₂	4,552	4,514	0,038	0,83
M ₃	4,288	4,264	0,024	0,56
M ₄	4,180	4,101	0,079	1,89



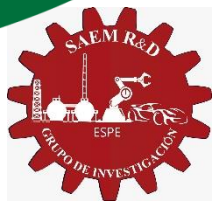


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Sede
Latacunga**



ANÁLISIS DE EMISIONES DE GASES





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sede
Latacunga



ANALIZADOR DE GASES KANE *AUTO plus*

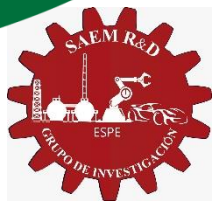




GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA SIN CATALIZADOR

Gases Emisión a la salida del reactor

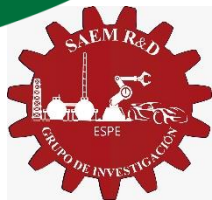
Variables	1	2	3	4	5
O ₂ (%)	0	0	0	0	0
CO (%)	7,86	7,92	7,88	7,95	7,95
CO ₂ (%)	4,4	4,5	4,3	4,3	4,4
HC (ppm)	3835	3858	3822	3884	3907
Lambda	0,565	0,568	0,562	0,560	0,563
Rpm	900	900	900	900	900
Reactor					
T entrada:	31 °C	33 °C	32 °C	32 °C	33 °C
T catalizador:	34 °C	35 °C	34 °C	35 °C	35 °C
T salida:	29 °C	29 °C	29 °C	30 °C	29 °C





GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M1) A T. AMBIENTE

Gases Emisión a la salida del reactor			
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	7,25	6,59	6,69
CO ₂ (%)	4,2	3,7	3,7
HC (ppm)	3074	2996	3026
Lambda	0,583	0,572	0,571
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	31 °C	31 °C	32 °C
T catalizador:	35 °C	35 °C	35 °C
T salida:	29 °C	29 °C	30 °C





GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M1) A 100 °C

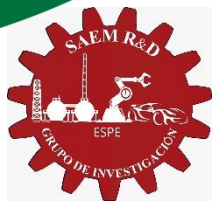
Gases Emisión a la salida del reactor			
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	7,63	6,63	6,98
CO ₂ (%)	4,6	4,0	3,9
HC (ppm)	2522	2423	2565
Lambda	0,608	0,601	0,588
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	29 °C	30 °C	30 °C
T catalizador:	100 °C	101 °C	100 °C
T salida:	45 °C	45 °C	46 °C





GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M1) A 150 °C

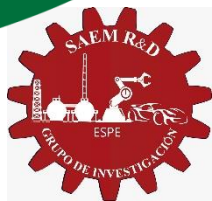
Gases Emisión a la salida del reactor			
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	5,38	4,91	5,08
CO ₂ (%)	4,1	4,0	3,8
HC (ppm)	1973	2010	2095
Lambda	0,638	0,640	0,626
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	43 °C	42 °C	42 °C
T catalizador:	150 °C	151 °C	150 °C
T salida:	80 °C	79 °C	79 °C





GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M1) A 200 °C

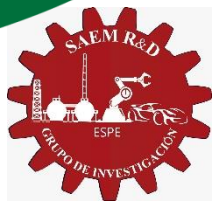
Gases Emisión a la salida del reactor			
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	3,88	3,03	3,53
CO ₂ (%)	2,8	2,7	3,0
HC (ppm)	1885	1799	1790
Lambda	0,607	0,623	0,630
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	48 °C	49 °C	49 °C
T catalizador:	200 °C	201 °C	200 °C
T salida:	89 °C	91 °C	93 °C





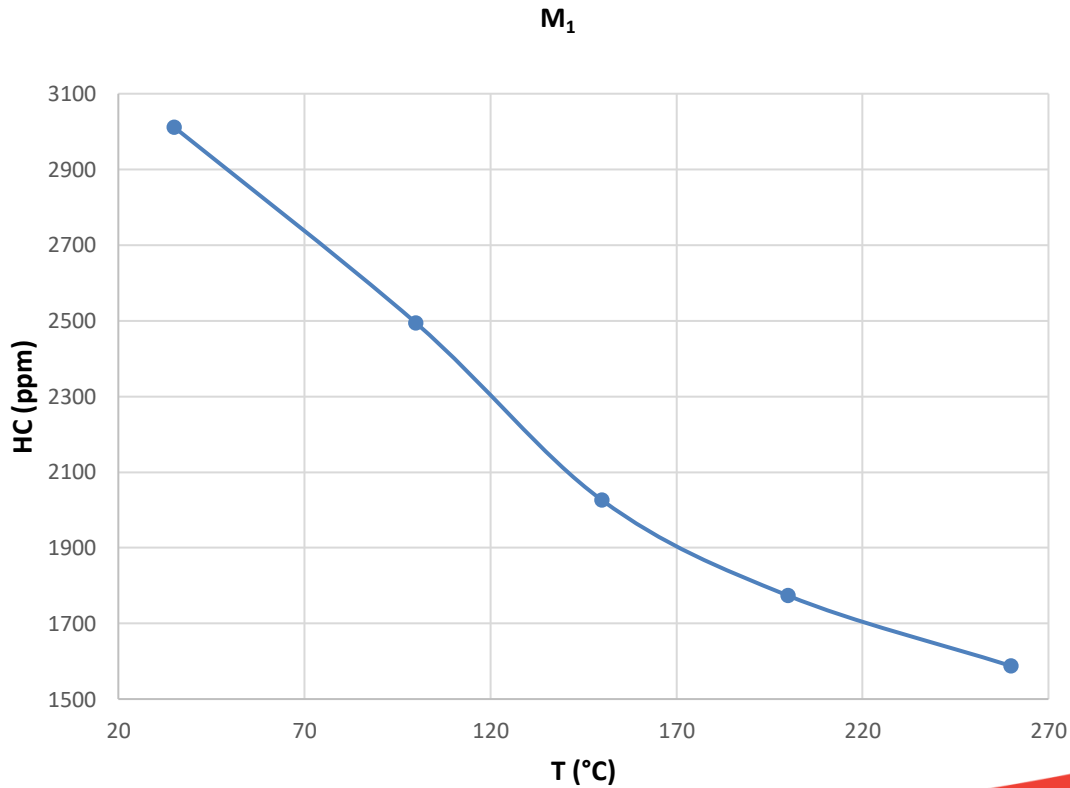
GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M1) A 260 °C

Gases Emisión a la salida del reactor			
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	4,19	3,39	3,13
CO ₂ (%)	3,4	2,6	2,2
HC (ppm)	1752	1581	1595
Lambda	0,638	0,620	0,598
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	62 °C	63 °C	62 °C
T catalizador:	258 °C	257 °C	257 °C
T salida:	137 °C	138 °C	137 °C





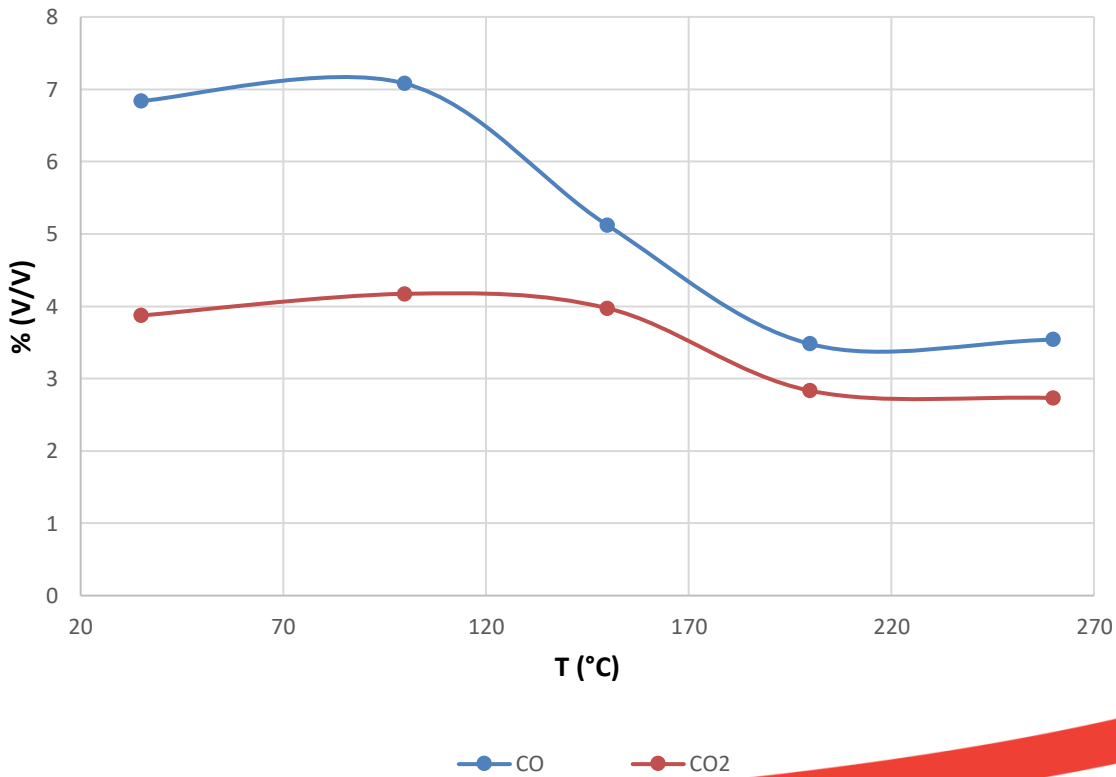
Emisión de gases de hidrocarburos (HC, ppm) en función de la temperatura de la muestra M1





Emisión de dióxido de carbono (% CO₂) y de monóxido de carbono (% CO) en función de la temperatura de la muestra M1

M₁





GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M2) A T. AMBIENTE

Gases Emisión a la salida del reactor

Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	6,71	6,86	6,16
CO ₂ (%)	3,7	3,6	3,6
HC (ppm)	2903	2917	3006
Lambda	0,574	0,567	0,572
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	31 °C	31 °C	31 °C
T catalizador:	35 °C	34 °C	34 °C
T salida:	29 °C	29 °C	29 °C





GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M2) A 100 °C

Gases Emisión a la salida del reactor

Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	7,44	7,55	7,63
CO ₂ (%)	4,9	5,0	5,1
HC (ppm)	2404	2409	2427
Lambda	0,623	0,625	0,626
rpm	900	900	900

Reactor

T entrada:	32 °C	33 °C	32 °C
T catalizador:	101 °C	100 °C	100 °C
T salida:	46 °C	46 °C	45 °C

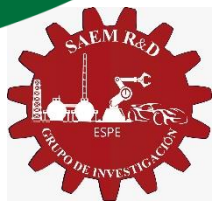




GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M2) A 150 °C

Gases Emisión a la salida del reactor

Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	7,60	6,76	7,10
CO ₂ (%)	4,9	4,4	4,6
HC (ppm)	2211	2203	2293
Lambda	0,626	0,622	0,620
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	41 °C	41 °C	41 °C
T catalizador:	150 °C	150 °C	151 °C
T salida:	72 °C	73 °C	74 °C

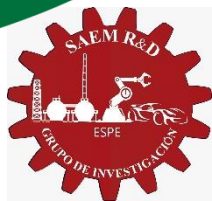




GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M2) A 200 °C

Gases Emisión a la salida del reactor

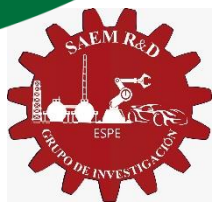
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	5,36	4,63	4,64
CO ₂ (%)	3,5	2,9	3,7
HC (ppm)	2191	2042	2058
Lambda	0,605	0,592	0,631
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	53 °C	52 °C	53 °C
T catalizador:	201 °C	201 °C	200 °C
T salida:	98 °C	96 °C	96 °C





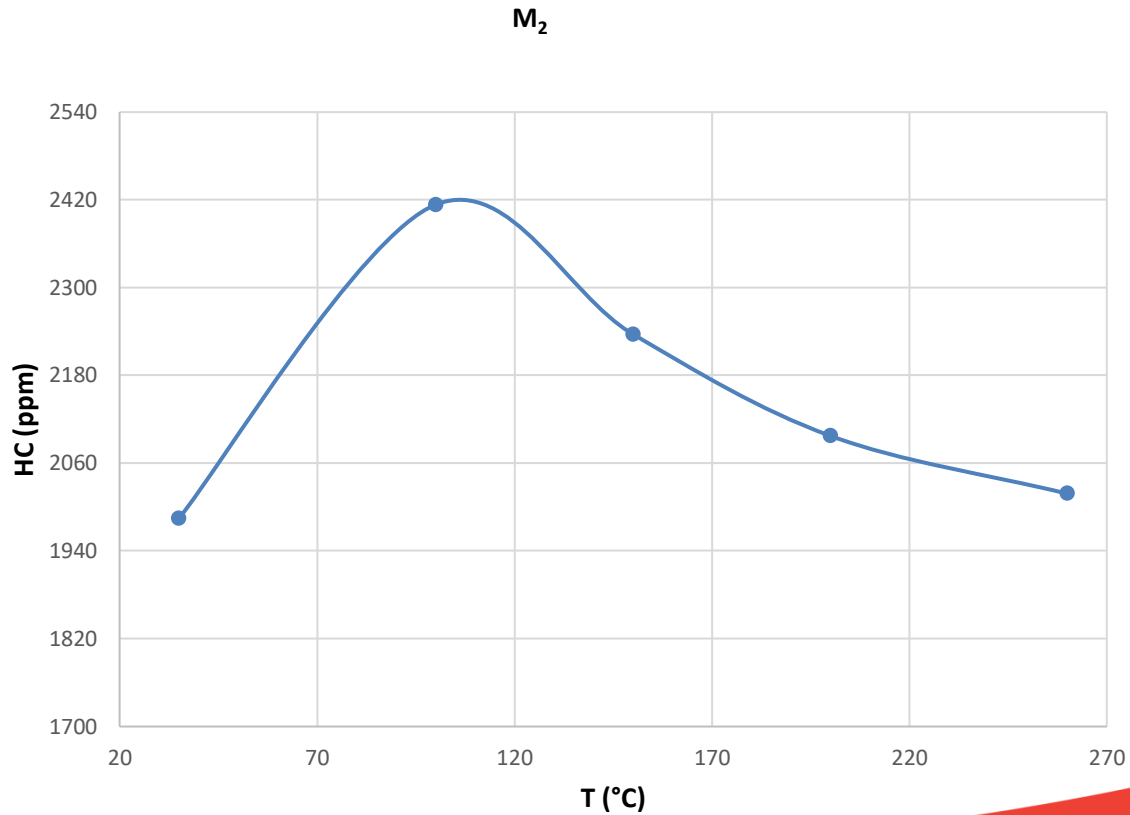
GASES DE EMISIÓN A LA SALIDA DEL REACTOR CON CATALIZADOR (M2) A 260 °C

Gases Emisión a la salida del reactor			
Variables	1	2	3
O ₂ (%)	0	0	0
CO (%)	4,42	6,31	3,74
CO ₂ (%)	3,0	3,7	2,7
HC (ppm)	2080	2072	1904
Lambda	0,599	0,604	0,602
rpm	900	900	900
Reactor			
T entrada:	61 °C	61 °C	62 °C
T catalizador:	258 °C	259 °C	256 °C
T salida:	136 °C	138 °C	139 °C



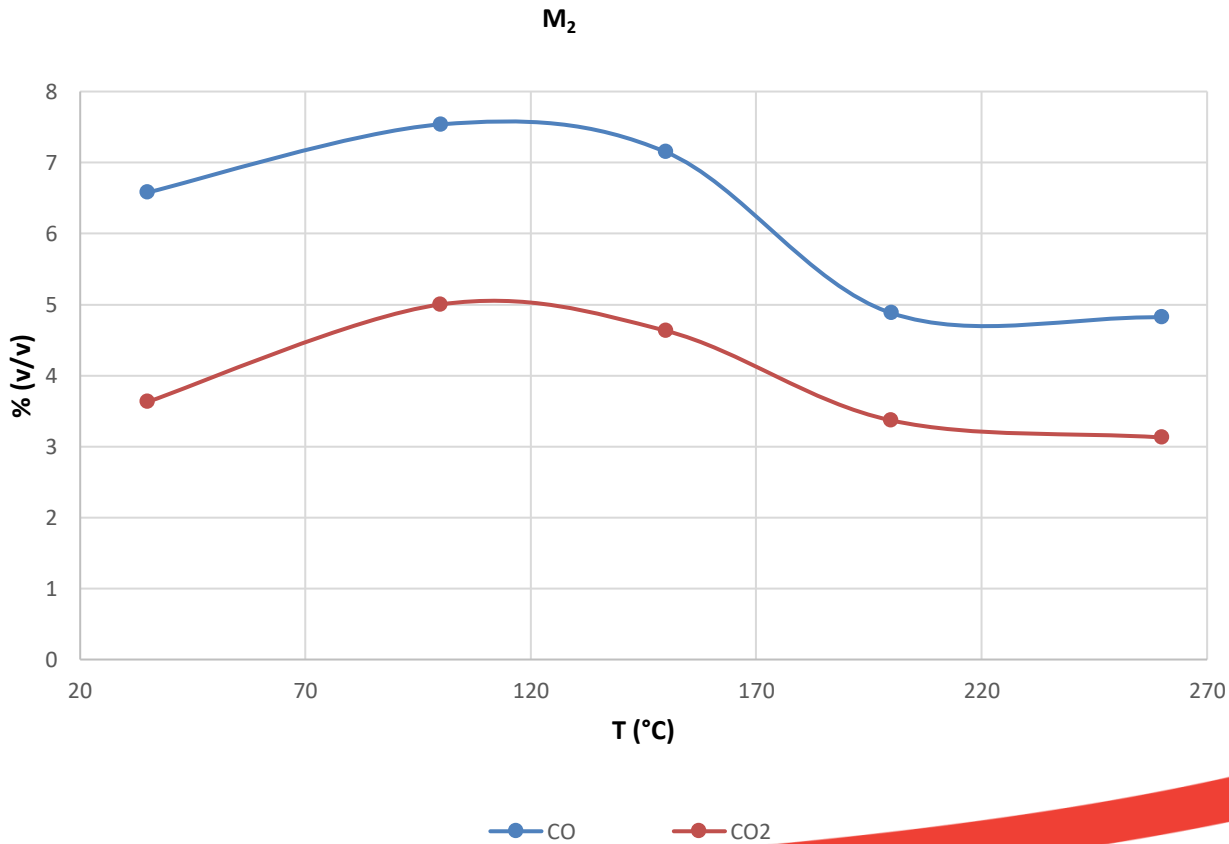


Emisión de gases de hidrocarburos (HC, ppm) en función de la temperatura de la muestra M2





Emisión de dióxido de carbono (% CO₂) y de monóxido de carbono (% CO) en función de la temperatura de la muestra M2

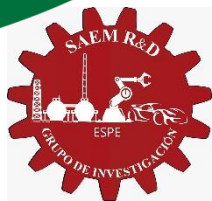




Porcentaje de conversión de los gases de emisión

Los porcentajes de conversión de la emisión de gases están expresados mediante la siguiente relación matemática:

$$\% \text{ Conversión de gas emisión} = \left(\frac{\text{gas de emisión}_{\text{entrada}} - \text{gas emisión}_{\text{salida}}}{\text{gas de emisión}_{\text{entrada}}} \right) \times 100$$





Porcentajes de conversión de los gases de emisión de la muestra M1

TEMPERATURA (°C)	PORCENTAJE DE CONVERSIÓN DE LOS GASES DE EMISIÓN M ₁		
	CO	CO ₂	HC
31,32	13,20	12,27	21,00
100	10,15	5,45	34,78
150	35,03	10,00	47,21
200	55,84	35,68	52,48
260	55,84	37,95	57,22

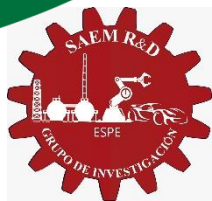
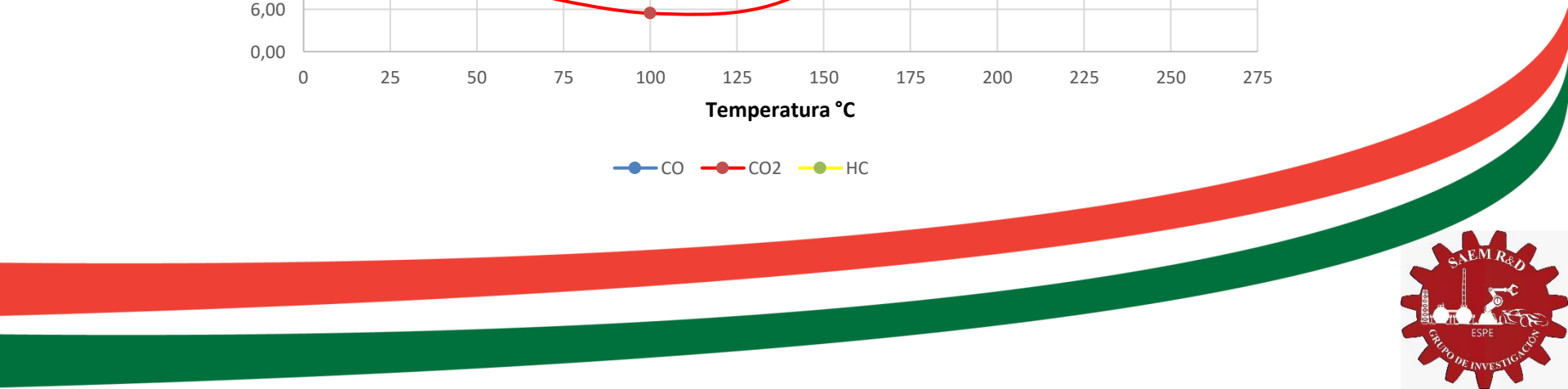
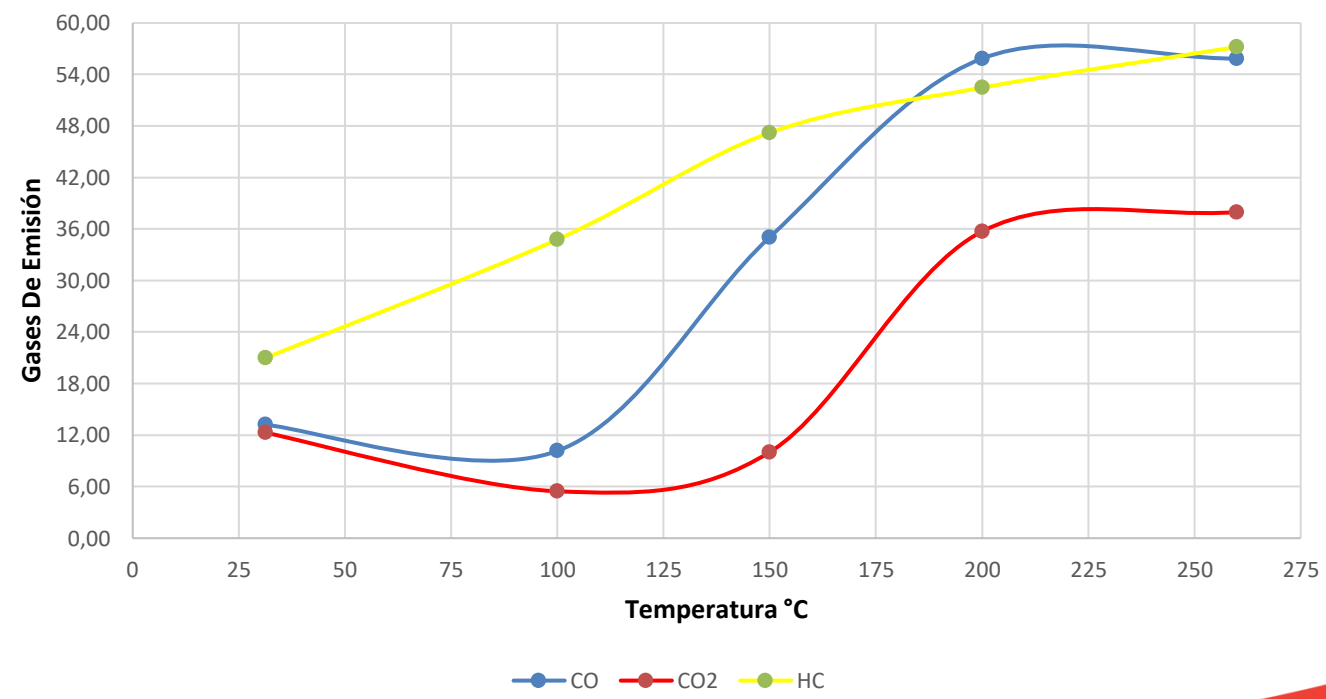




Diagrama de linealidad de los gases de emisión de M1

PORCENTAJE DE CONVERSIÓN DE LOS GASES DE EMISIÓN DE M₁





Porcentajes de conversión de los gases de emisión de la muestra M2

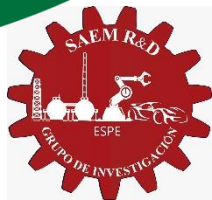
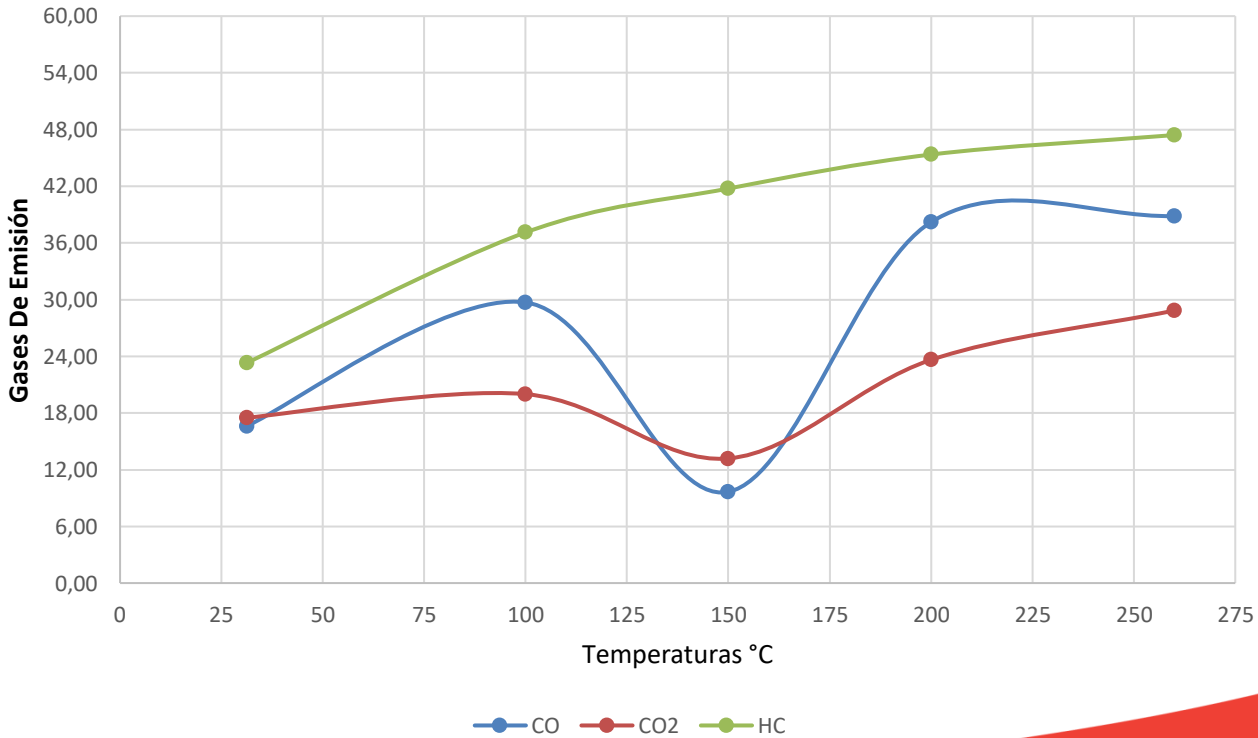
TEMPERATURA (°C)	PORCENTAJE DE CONVERSIÓN DE LOS GASES DE EMISIÓN M ₂		
	CO	CO ₂	HC
31,33	16,62	17,50	23,35
100	29,70	20,00	37,13
150	9,64	13,18	41,77
200	38,20	23,64	45,36
260	38,83	28,86	47,42





Diagrama de linealidad de los gases de emisión de M2

PORCENTAJE DE CONVERSIÓN DE LOS GASES DE EMISIÓN DE M₂





Comparativa de valores del CO entre las muestras M1 y M2

TEMPERATURA (°C)	M ₁	M ₂
	CO	CO
31,33	13,20	16,62
100	10,15	29,70
150	35,03	9,64
200	55,84	38,20
260	55,84	38,83

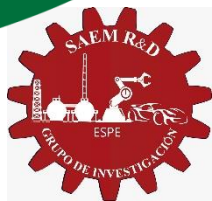
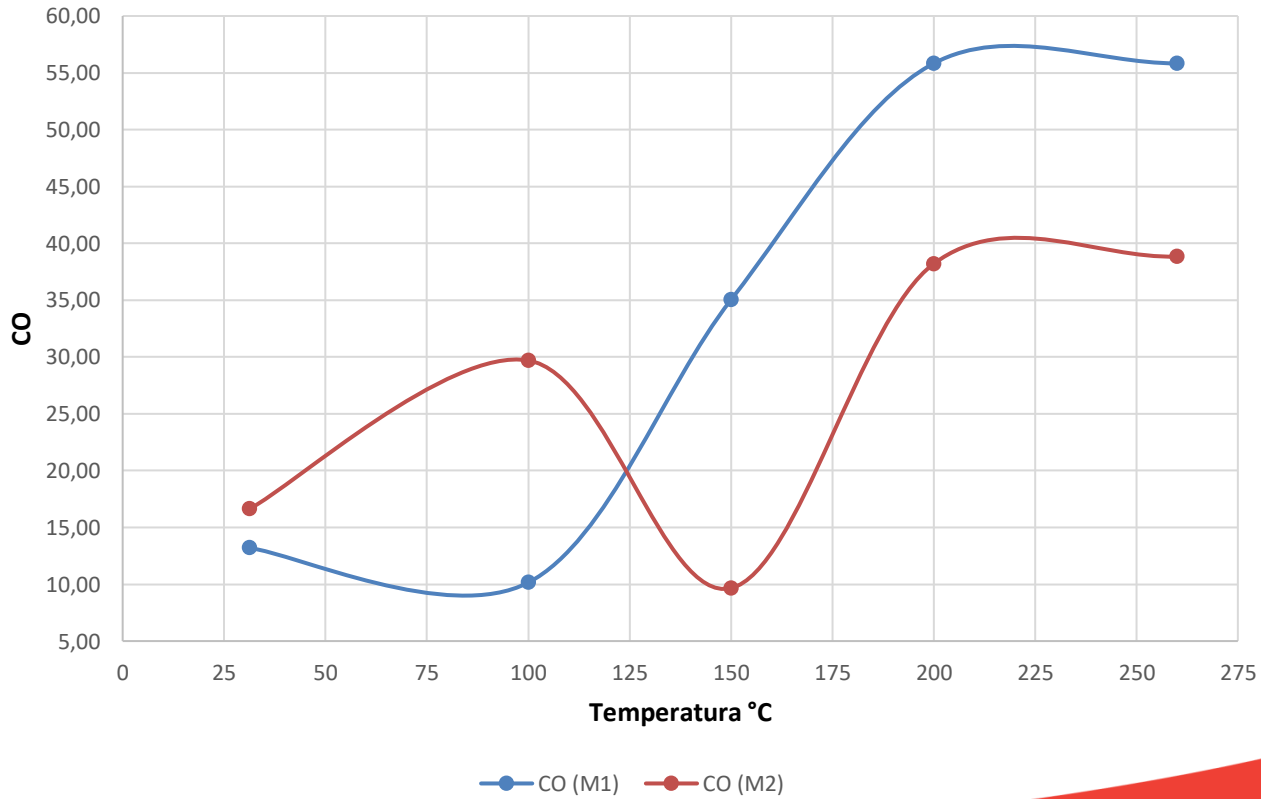




Diagrama de linealidad del CO entre las muestras M1 y M2





Comparativa de valores del CO₂ entre las muestras M1 y M2

TEMPERATURA (°C)	M ₁	M ₂
	CO ₂	CO ₂
31,33	12,27	17,50
100	5,45	20,00
150	10,00	13,18
200	35,68	23,64
260	37,95	28,86

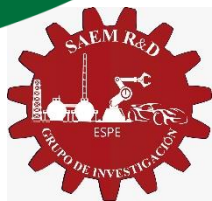
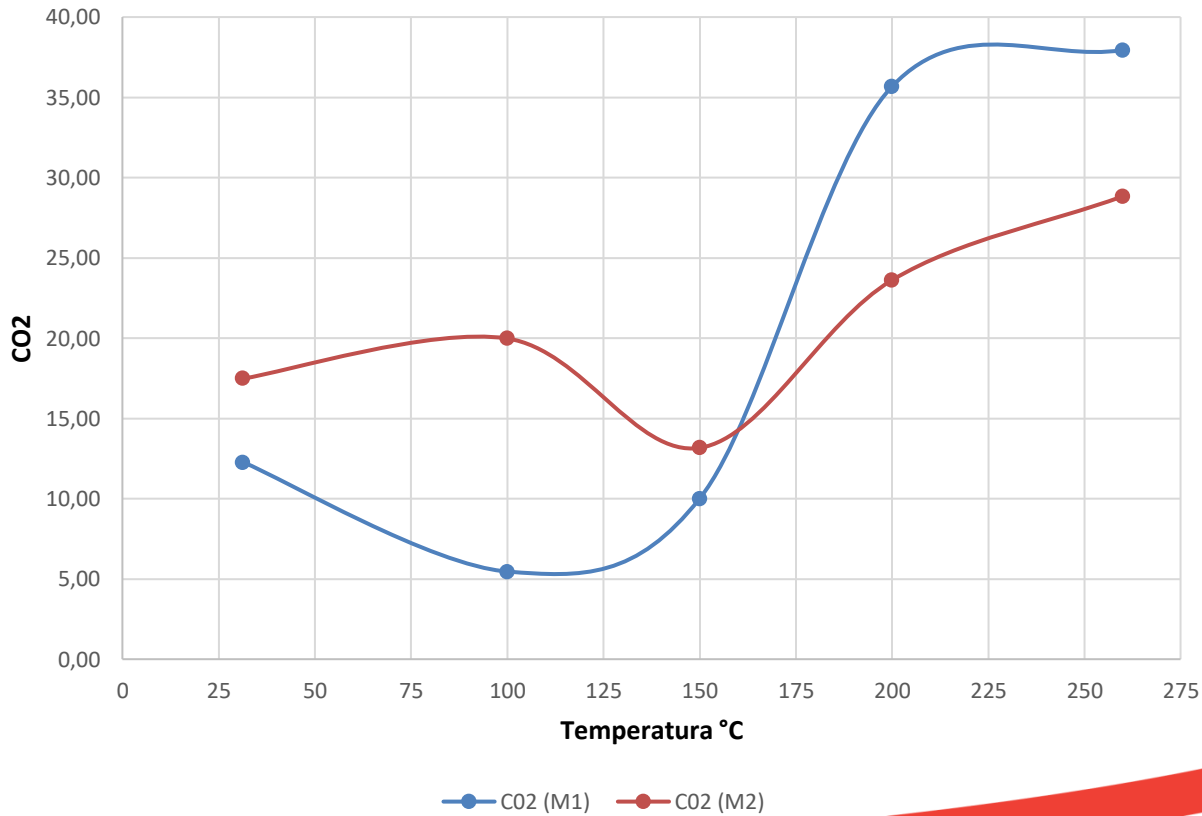




Diagrama de linealidad del CO₂ entre las muestras M1 y M2





Comparativa de valores del HC entre las muestras M1 y M2

TEMPERATURA (°C)	M ₁	M ₂
	HC	HC
31,33	21,00	23,35
100	34,78	37,13
150	47,21	41,77
200	52,48	45,36
260	57,22	47,42

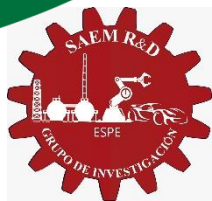
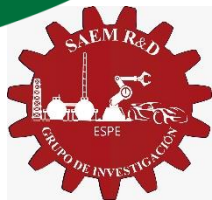
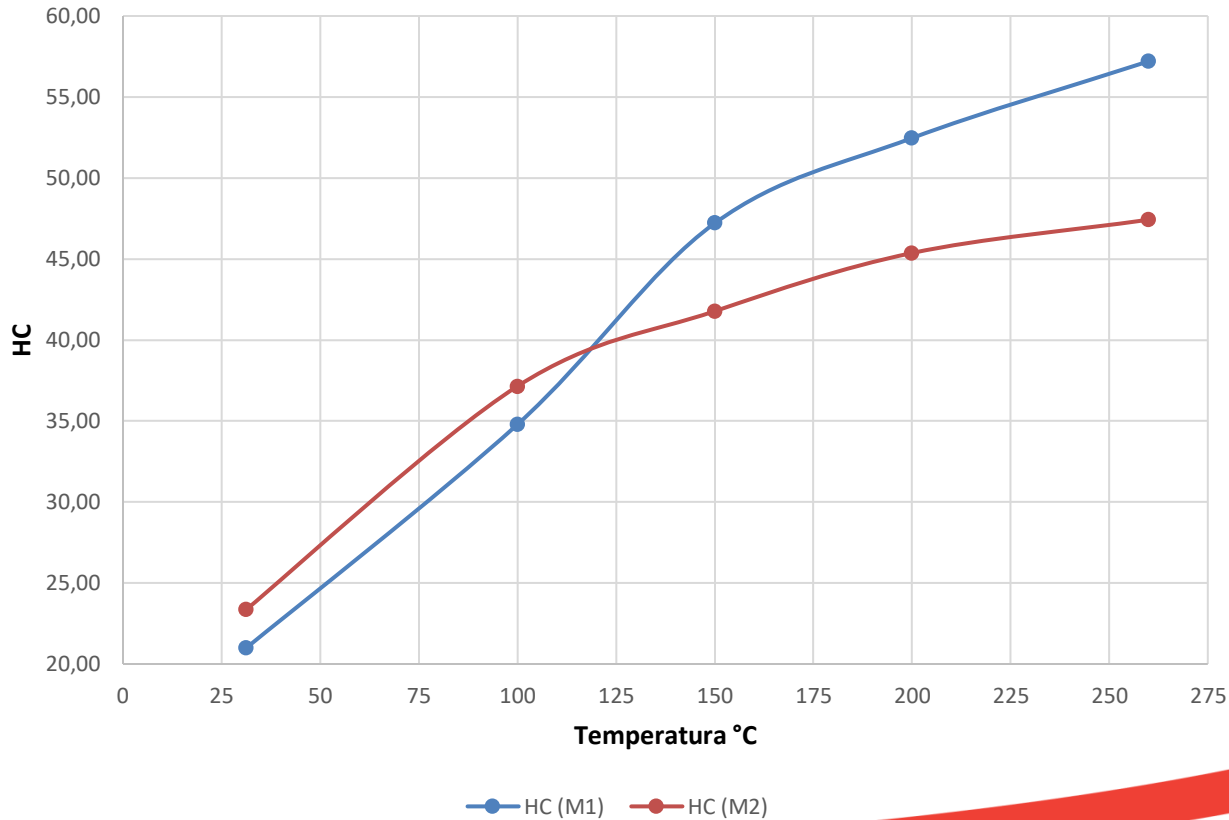




Diagrama de linealidad del HC entre las muestras M1 y M2





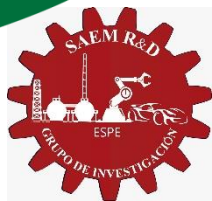
CONCLUSIONES

- Se diseñó y se construyó un sistema de regeneración por el método de oxidación – reducción de catalizadores automotrices mediante un reactor a temperatura programada y la inyección de gases inertes como nitrógeno e hidrógeno para la recuperación de los materiales del monolito, mejorando su capacidad catalítica, la misma que se validó a través de pruebas de emisiones con equipos de análisis calibrado y certificado.
- Con la regeneración por el método oxidación - reducción se redujo los niveles iniciales de los gases de emisión de CO, HC, NOx provenientes del convertidor catalítico gastado en un 60 % por lo que la investigación fue exitosa.



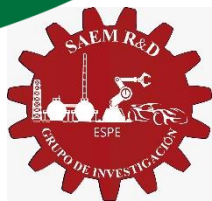


- Para la construcción del micro reactor se seleccionaron materiales de alta transferencia de calor, como es el acero inoxidable con una conductividad térmica de 12.4 (Btu/(h*ft)) a una temperatura de 500 °C; que permite una óptima aplicación del método de oxidación – reducción de los metales preciosos del monolito que se activan a los 250 °C alcanzando así la regeneración del convertidor catalítico.
- En el proceso de oxidación de las muestras se lo realizó dentro de los parámetros de funcionamiento del micro reactor a una temperatura de 300 °C, flujo total de gases $N_2 + O_2$ de 162 (cc/min) y una relación volumen – volumen de 48.23 % (O_2/N_2); el cual permitió una correcta aplicación del método.



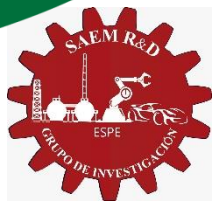


- En el proceso de reducción de las muestras se lo realizó a una temperatura de 350 °C, flujo total de gases $N_2 + H_2$ de 138.22 (cc/min) y una relación volumen – volumen de 40.41 % (H_2/N_2); el cual permitió terminar la regeneración del monolito.
- Se desarrolló un método de prueba experimental para la medición de gases (CO , CO_2 , O_2 , HC) por medio del analizador AUTO plus con la adaptación de una proporción del convertidor regenerado dentro del sistema micro rector, a través de una variación de temperatura de 100 °C hasta 260 °C para llegar a niveles de activación del monolito y validar la variación de los índices de emisiones.



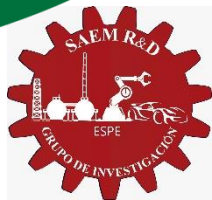


- La medición de los niveles del monóxido de carbono (CO) al pasar por la muestra del monolito regenerado con la temperatura de 35 °C registró un porcentaje del 6,84% y al aumentar la temperatura a 260 °C el porcentaje fue del 3.57% dando como resultado una disminución de los niveles de emisión del 47.82%.
- La medición de los niveles del dióxido de carbono (CO₂) al pasar por la muestra del monolito regenerado con la temperatura de 35 °C registró un porcentaje del 3,86% y al aumentar la temperatura a 260 °C el porcentaje fue del 2,73% dando como resultado una disminución de los niveles de emisión del 29,27%.





- La medición de los niveles de hidrocarburos (HC) al pasar por la muestra del monolito regenerado con la temperatura de 35 °C registró un valor de 3011 ppm y al aumentar la temperatura a 260 °C el valor fue de 1588 ppm dando como resultado una disminución de los niveles de emisión del 47.26%.
- La medición de los niveles de oxígeno (O₂) no fueron registrados debido a que el vehículo de prueba utilizado no contaba con un convertidor catalítico, regulador de oxígeno por lo que presenta una mezcla rica dando un valor del 0 % de recuperación de los niveles de emisión.





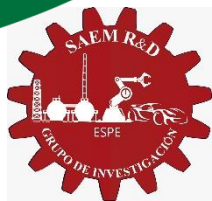
- Se realizó una relación matemática que contempla los niveles de emisiones a la entrada y salida del micro reactor para establecer porcentualmente la recuperación del monolito referido a la capacidad de conversión catalítica de los metales preciosos como el platino, paladio, rodio; al pasar por la muestra regenerada y con el incremento de la temperatura.





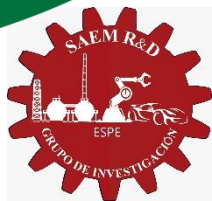
RECOMENDACIONES

- Desarrollar un proceso de manufactura ideal para la extracción del monolito completo de un catalizador automotriz de dos vías o tres vías de diferentes modelos, sin destruir la estructura interna y externa del mismo.
- Realizar el proceso de oxidación – reducción a temperatura y tiempo programado de un monolito a escala real de un convertidor catalítico usado de dos vías, tres vías, reductor de óxidos nitrosos y cualquier otro tipo que permita realizar pruebas estáticas y dinámicas para verificar la cantidad de emisiones de gases que produce un vehículo en base a normativas vigentes.



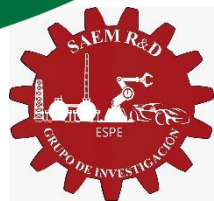


- Realizar el proceso de oxidación – reducción a temperatura y tiempo programado de un monolito a escala real de un convertidor catalítico reductor de óxidos nitrosos con inyección de UREA al 32% (ADBLUE) para motores diésel que permita realizar pruebas estáticas y dinámicas para verificar la cantidad de emisiones de gases que produce un vehículo en base a normativas vigentes.
- Calibrar el analizador de gases Kane AUTO plus, antes de realizar las pruebas de conversión de los gases de emisión, de acuerdo con la metodología recomendada por el fabricante de manera de poder detectar los gases de emisión de oxígeno (O_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x) y el Lambda.



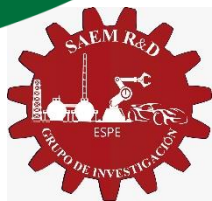


- Para realizar las pruebas de gases es necesario llevar el motor de combustión interna a una temperatura ideal de funcionamiento con la finalidad de obtener los menores niveles de contaminación en vista que el catalizador comienza a funcionar a partir de los 250 °C con el fin de preservar la vida útil de los catalizadores automotrices.
- Es importante analizar el comportamiento de la gestión electrónica gasolina – diésel cuando un convertidor catalítico automotriz se encuentre totalmente taponado, así determinando sus características operativas referidas al consumo de combustible, torque, potencia y emisiones.



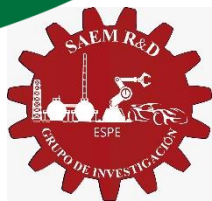


- Realizar la caracterización de los materiales del monolito después de la reducción, mediante la prueba TPR (reducción a temperatura programada) para determinar el consumo total de hidrógeno y las temperaturas de los procesos de reducción de las especies metálicas presentes en la muestra de monolito.
- Realizar la caracterización de los materiales del monolito después de la oxidación, mediante la prueba TPO (oxidación a temperatura programa) para determinar el consumo del oxígeno de las especies metálicas en la muestra de monolito.



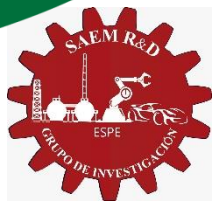


- Realizar la caracterización de los materiales del monolito mediante la prueba TGA (análisis termogravimétrico) para determinar el porcentaje de coque presente en la muestra con la variación de masas al inicio y finalización de la regeneración.
- Realizar la caracterización de los materiales del monolito después de la regeneración, mediante la prueba de quimisorción de hidrógeno para determinar valores de volumen de hidrógeno absorbido por los metales nobles (Pt, Pd, Rh) de la muestra con el fin de establecer el porcentaje de dispersión metálica.





- Desarrollar un proceso de soldadura para ensamblar la estructura metálica que contiene al monolito del catalizador automotriz de dos vías o tres vías de diferentes modelos





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Sede
Latacunga**



“DEL ÉXITO NO APRENDES ABSOLUTAMENTE NADA. DE LOS ERRORES Y DE LOS CONTRATIEMPOS, SÍ”.

NIKI LAUDA

