

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
QUIMICA**



**“PROCESO DE MEJORA DE LA ECOEFICIENCIA DE LOS
CATALIZADORES VEHICULARES QUE UTILIZAN
COMBUSTIBLE DERIVADOS DEL PETROLEO O BIOMASA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA QUÍMICA**

AUTOR

ROBERTO LAZO CAMPOSANO

ASESOR

Dr. LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ



TESIS para antiplagio 6 Marzo)

16%
Textos sospechosos



14% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS para antiplagio 6 Marzo.pdf
ID del documento: 79b0b1915f6a6e7400417085b4d2a2a1a777b1d
Tamaño del documento original: 3.05 MB

Depositante: FQ POSGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 7/3/2024
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 7/3/2024

Número de palabras: 12.861
Número de caracteres: 92.780

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.dobon.lha.com.br http://www.dobon.lha.com.br/argyle_goma201901523_Periodico1.pdf 1 fuente similar	5%		Palabras idénticas: 5% (797 palabras)
2	libdigital.epn.edu.ec https://libdigital.epn.edu.ec/bitstream/10800/12506/1/CD-2938.pdf.txt 2 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (517 palabras)
3	www.a-petroquimica.com http://www.a-petroquimica.com/raiz/guion/raiz/edicion.pdf 1 fuente similar	3%		Palabras idénticas: 3% (400 palabras)
4	educ.mta.gov Materiales Curriculares De Córdoba - id:3c757ed992dd https://educ.mta.gov/curriculosem/materiales-curriculos-de-cordoba-3c757ed992dd 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (94 palabras)
5	libdigital.epn.edu.ec https://libdigital.epn.edu.ec/bitstream/10800/10660/1/CD-4288.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (70 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dx.doi.org http://dx.doi.org/10.5271/1970-v15-n36-2018-734_Periodico18_pps_734_759.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2862/1/7-ESPE-0833.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	zafomati.aac.uam.mx https://zafomati.aac.uam.mx/bitstream/handle/11016/9041/Comportamiento_de_un_convertidor_catalitico...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
4	www.doi.org https://www.doi.org/10.1016/J.CAT.2003.09.016	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
5	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7671/TESIS-CHAVEZ-SOLIS/CHUCO...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

 Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1 <https://doi.org/10.1016/J.CAT.2003.09.016>

2 <https://doi.org/10.1016/J.CAT.2003.09.016>

3 <https://doi.org/10.1016/J.CAT.2003.09.016>

4 <https://doi.org/10.1016/J.CAT.2003.09.016>

5 <https://doi.org/10.1016/J.CAT.2003.09.016>

INFORMACIÓN BÁSICA

➤ **FACULTAD:**

Ingeniería Química.

➤ **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:**

Ingeniería Química

➤ **TÍTULO:**

“PROCESO DE MEJORA DE LA ECOEFICIENCIA DE LOS CATALIZADORES VEHICULARES QUE UTILIZAN COMBUSTIBLE DERIVADOS DEL PETROLEO O BIOMASA”

➤ **AUTOR:**

Ing. ROBERO LAZO CAMPOSANO

(ES)/CODIGO ORCID: 0000-0001-9475-6463 / DNI: 08065998

➤ **ASESOR y COASESOR/ CODIGO ORCID / DNI:**

- **ASESOR:** Dr. LUIS AMERICO CARRASCO VENEGAS

CODIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7832-3366>

DNI: 25825871

- **COASESOR:** Dr. HUGO DAVID CHIRINOS COLLANTES

CODIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3450-7320>

DNI: 10830182

➤ **LUGAR DE EJECUCIÓN:** UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

➤ **UNIDAD DE ANÁLISIS:**

Proyecto de Ingeniería y Tecnología

➤ **TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

Experimental

➤ **TEMA OCDE:**

2.02.00 -- Ingeniería Química

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DE JURADO DE SUSTENTACIÓN:

Dr. JULIO CÉSAR CALDERÓN CRUZ : Presidente
Dr. JUAN TAUMATURGO MEDINA COLLANA : Secretario
Dra. SONIA ELIZABETH HERRERA SANCHEZ : Miembro
Mg. RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ : Miembro

ASESOR : Dr. LUIS AMÉRICO CARRASCO VENEGAS

COASESOR : Dr. HUGO DAVID CHIRINOS COLLANTES

Nº LIBRO : 1

Nº ACTA : 012

Nº FOLIO : 014

FECHA DE APROBACIÓN DE LA TESIS : 25 DE ABRIL DE 2024

RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DIRECTIVO DE LA UNIDAD DE POSGRADO:

RES. Nº 204-2024-CEPG-UNAC

DEDICATORIA:

A mis padres Antonia, Amadeo, Clotilde y Pablo mis eternos agradecimientos, por haberme educado y formado en mi carrera de la Ingeniería Química que ha sido el mejor tesoro de mi vida que hasta hoy en día sigo desarrollándome para el mejor logro de mis aspiraciones y el de mi familia. Así mismo agradezco a mi esposa Zoila Hinojosa y a mis hijos por haberme brindado su apoyo constante para el logro de mis objetivos. Que nuestro Dios nos proteja siempre.

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional del Callao, a través de la Sección Pos Grado por haberme dado la oportunidad de pertenecer al “**I CURSO TALLER DE DESARROLLO DE TESIS**” para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Química. Asimismo, mi agradecimiento muy especial al Dr. Luis Carrasco Venegas Asesor en el desarrollo de mi Tesis, como también a todos los miembros de Jurado que participaron en el desarrollo de mi tema, durante todo el proceso.

A la Facultad de Ingeniería Química, por haber tenido la oportunidad de transmitirles mi experiencia profesional adquirida en la Ex Cerro de Pasco Corporation, a los estudiantes en los cursos de Mecánica de Partículas y Tratamiento de Aguas durante muchos años; por lo cual me encuentro satisfecho de haber participado en el logro de sus objetivos en el aprendizaje tanto en la teoría y la relación directa a través de las visitas técnicas a empresas industriales y titularse como Ingenieros Químicos y que, muchos de ellos se encuentran bien posicionados en las diferentes industrias de nuestro país y en el extranjero.

Mis agradecimientos a la Universidad Nacional de Ingeniería en la persona del Dr. Hugo David Chirinos Callantes, Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental, quien tuvo la gentileza de invitarme al equipo de Investigación, en el Banco de pruebas de Combustión del Instituto de Motores de la Facultad de Ingeniería Mecánica, para el desarrollo del trabajo de Investigación: “Disminución de contaminación al medio ambiente proveniente de los gases de los vehículos que usan combustibles diésel”, utilizando sales de trióxido de Lantano La_2O_3 , impregnado en un monolito de cerámica.

El equipo de Investigación fue conformado por el Dr. Hugo David **CHIRINOS COLLANTES**, Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería; Ing. Roberto **LAZO CAMPOSANO**; Docente de la Universidad Nacional del Callao Facultad de Ingeniería Química; Roberto **PÉREZ ALARCÓN** de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería. Dicha Investigación se llevó a cabo en el año 2018.

INDICE

INDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Descripción de la realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos.....	10
1.3. Objetivos.....	11
1.3.2. Objetivos Específicos	11
1.4. Justificación	11
1.4.2. Justificación ambiental.....	12
1.4.3. Justificación tecnológica.....	12
1.5. Delimitantes de la investigación (teórica, temporal, espacial).	12
1.5.2. Delimitación temporal	12
1.5.3. Delimitación espacial	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes: Internacional y nacional.....	13
2.1.1. Internacionales:.....	13
2.1.2. Nacionales:	16
2.2. Bases teóricas:	17
2.2.1. El convertidor catalítico:.....	17
2.2.3. Tipos de Catalizadores	20
2.2.4. Tipos de convertidores catalíticos	21
2.2.5. Etapas de funcionamiento del Convertidor Catalítico de tresvías .	21
2.2.6. Material utilizado como base para el catalizador: Cordierita	23
2.3. Marco Conceptual	23
2.3.2 Ecoeficiencia:	24
2.3.3 Monolitos:	24

2.4. Definición de términos básicos: Funcionales a la investigación del problema.....	25
2.4.2 Monolitos de tierras raras.....	25
2.4.3 Materiales catalíticos	25
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	26
3.1 Hipótesis.....	26
3.1.1 Hipótesis general.....	26
3.1.2 Hipótesis específicas	26
3.2. Definición conceptual de las variables	26
3.2.1. Operacionalización de variable.....	28
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	29
4.1. Diseño metodológico	29
4.2. Método de investigación	29
4.3. Población y muestra	31
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	31
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información:.....	31
4.5.1 Operaciones en el banco de pruebas:	32
4.5.2 Las pruebas en dinamómetro vehicular:	32
4.5.3 Pruebas en ruta:	33
4.5.4 Instrumentos:Rigor Científico:	33
4.5.5 Principales equipos	34
4.5.6 Impregnación del Trióxido de Lantano:	35
4.5.7 Armado de la cápsula con el monolito de cerámica:	37
4.5.8 OPERACIONES REALIZADAS EN EL BANCO DE PRUEBAS:.....	40
4.6 ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS:	41
4.6.1 Banco propiamente dicho que presentan los siguientes equipos :	41
4.7. Aspectos Éticos en Investigación	44
V. RESULTADOS.....	45
5.1. Resultados descriptivos:.....	45
5.2. Resultados Inferenciales:	48
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	50
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios Similares	51
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos.....	52
VII. CONCLUSIONES:	53

VIII. Recomendaciones.....	55
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:.....	56
X. ANEXO:	60

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EEUU: Estados Unidos	14
CO: Monóxido de Carbono	14
NO _x : Óxidos de Nitrógeno	14
HC: Hidrocarburos	14
La ₂ O ₃ : Trióxido de Lantano	14
MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.	10
MgO: Oxido de Magnesio.	20
CeO ₂ : Dióxido de Cesio	20
K/La ₂ O ₃ Trióxido de Lantano y Potasio	20
SO ₂ : Anhídrido Sulfhídrico	20
Al: Aluminio	22
SiO ₂ : Dióxido de Silicio.....	22
La ₂ O ₃ /Zn/Na: Trióxido de Lantano Zinc y Sodio	23
UTN: Universidad Tecnológica Nacional: Argentina	19
URI: Identificador Uniforme de Recursos de sus siglas en inglés.....	19
MP: Material Particulado	22
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	28
Tabla 2 Peso de los Monolitos.....	41
Tabla 3 Recolección de datos de pruebas de emisiones en dinamómetro de banco, antes y después, del convertidor catalítico (sin carga aplicada)	43
Tabla 4 Resultados de las emisiones del motor sin catalizador y con el sensor de oxígeno desconectado	45
Tabla 5 Resultados de las emisiones del motor sin catalizador y con el sensor de oxígeno conectado	45
Tabla 6 Resultados de las emisiones del motor con el catalizador original y con el sensor de oxígeno desconectado.....	46
Tabla 7 Resultados de las emisiones del motor con el catalizador original y con el sensor de oxígeno conectado.....	46
Tabla 8 Resultados de las emisiones del motor con el catalizador La/Zn/Na y con el sensor de oxígeno desconectado	47
Tabla 9 Resultados de las emisiones del motor con el catalizador La/Zn/Na y con el sensor de oxígeno conectado	47
Tabla 10 Prueba F de los resultados de las emisiones de CO para los dos catalizadores	50
Tabla 11 Prueba estadística T-student de las emisiones de CO para los dos catalizadores	51
Tabla 12 Normas Europeas sobre emisiones vehiculares ligeros <1305 kg, categoría (N1-I)	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Convertidor catalítico	17
Figura 2 Ubicación del convertidor catalítico en el automóvil	18
Figura 3 Corte de un convertidor catalítico y los gases al ingreso y a la salida	19
Figura 4 Reacciones de óxido-reducción	22
Figura 5 Banco de pruebas acoplado al dinamómetro	32
Figura 6 Equipos y Materiales	34
Figura 7 (a) Pesado de los reactivos	36
Figura 8 Calcinación del monolito en una mufla a 700°C de Temperatura de 6 o 12 horas dependiendo del porcentaje de reactivos utilizados (trióxido de Lantano).....	37
Figura 9 Proceso de armado de la cápsula	38
Figura 10 Resultado de las emisiones de CO del motor ANZ1 gasolinera sin catalizador y con los catalizadores originales y el desarrollado en la UNI	48
Figura 11 Resultado de las emisiones de HC del motor Toyota ANZ1 gasolinerasin catalizador y con los catalizadores originales y el desarrollado en la UNI	49

RESUMEN

En la Investigación se evalúa los resultados obtenidos del motor gasolinera adquirido por el FINCyT Toyota ANZ1 en cuanto se utiliza el catalizador desarrollado en la UNI ($\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$) y los resultados se comparan con el catalizador original del motor fabricado con metales nobles. En primer lugar, se explica el principio de funcionamiento del motor a gasolina y del convertidor catalítico y demás mecanismos de control de las emisiones. Luego se explica el desarrollo de la tecnología para obtener eficiencia del convertidor catalítico y finalmente se desarrolla la metodología de pruebas del convertidor en el sistema de pruebas con motor gasolinera. En los resultados se observan que el porcentaje de emisiones de CO incrementan la rapidez del motor alcanzando a valores superiores del 5%, con el catalizador de fábrica, demostrando que, con el catalizador desarrollado, impregnado el 5% en peso de Lantano, con emisiones de CO cercanos al 4%, pero cuando el motor no tiene el sensor de oxígeno. Mientras tanto, las emisiones resultan ser menores a 1 en los dos casos, pero con sensor de oxígeno. La prueba estadística T para muestras independientes indica que el catalizador original y el desarrollado presentan una actividad catalítica nula cuando el sensor de oxígeno está desconectado. Pero, cuando el sensor de oxígeno está conectado, el catalizador desarrollado se muestra también eficiente.

RESUMO

A pesquisa avalia os resultados obtidos no motor a gasolina adquirido pela FINCyT Toyota ANZ1 ao utilizar o catalisador desenvolvido na UNI ($\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$) e os resultados são comparados com o catalisador original do motor feito de metais nobres. Em primeiro lugar, é explicado o princípio de funcionamento do motor a gasolina, do catalisador e de outros mecanismos de controlo das emissões. Em seguida, explica-se o desenvolvimento da tecnologia para obter a eficiência do catalisador e, finalmente, desenvolve-se a metodologia de ensaio do catalisador no sistema de ensaio com um motor a gasolina. Os resultados mostram que a percentagem de emissões de CO aumenta com o aumento da velocidade do motor, atingindo valores superiores a 5% com o catalisador de fábrica, demonstrando que, com o catalisador desenvolvido, impregnado com 5% em peso de Lantânio, as emissões de CO se aproximam dos 4%, mas quando o motor não tem o sensor de oxigénio. Entretanto, as emissões são inferiores a 1 em ambos os casos, mas com sensor de oxigénio. O teste estatístico T para amostras independentes indica que o catalisador original e o catalisador desenvolvido apresentam uma atividade catalítica nula quando o sensor de oxigénio está desligado. No entanto, quando o sensor de oxigénio está ligado, o catalisador desenvolvido também é eficiente.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se hace crítica en los grandes centros urbanos, siendo necesarias monitorear las emisiones, detectando las fuentes potencialmente contaminantes con el objetivo de crear estrategias saludables de gerenciamiento de esta contaminación para la protección de la salud pública, [1]

Se sabe que las emisiones vehiculares representan un porcentaje significativo de las emisiones de los agentes contaminantes al aire atmosférico. El impacto de estas emisiones condujo a la introducción de patrones de control de emisiones para vehículos de motor de combustión interna. En los EEUU estos controles llevaron a la reducción de las emisiones vehiculares de los principales gases contaminantes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC), pero debido al aumento casi lineal de la producción mundial de vehículos motorizados los beneficios fueron poco significativos. Por lo tanto, se adoptaron patrones de emisión más restrictos no solamente en los EEUU, así como también en otros países del mundo. [2]

1. Los límites más estrictos de emisión hicieron necesaria la introducción de catalizadores heterogéneos basados en metales nobles. Hoy en día, los sistemas más avanzados de post-tratamiento de los gases de escape en los vehículos de combustión, utilizan los catalizadores de tres vías que reducen las emisiones en más de 90 %. [2,3]
2. Pero después de un determinado período de tiempo, este se desactiva, debido principalmente a tres factores: envenenamiento con azufre, atoro por hollín y desactivación térmica. [4] El presente trabajo, pretende impregnar un nuevo catalizador formado por monolitos de tierras raras (La_2O_3) cuya forma es oval semejante a un panal de abejas; con la capacidad de poder instalarlo en una capsula de acero de 8.5 kg de peso con uno o dos unidades de monolitos.

La contaminación atmosférica se hace crítica en los grandes centros urbanos, siendo necesarias monitorear las emisiones, detectando las fuentes potencialmente contaminantes con el objetivo de crear estrategias saludables de gerenciamiento de esta contaminación para la protección de la salud pública. [1]

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El presente trabajo, está focalizado en vehículos a gasolina y diésel cuya importación fue intensiva en el año 2010 en el Perú. Muchos de estos vehículos ingresaron al país, sin ningún tipo de control e inspección vehicular, en lo que se refiere al control de la cámara de combustión del motor, siendo este el responsable del incremento de la contaminación atmosférica en el Perú. Este problema es bastante grave y nítido, en las ciudades grandes, como Lima, Arequipa, Cusco, Huancayo, Piura, etc., donde se observa una enorme congestión vehicular, consecuentemente el incremento relativo de los gases tales como los compuestos (CO), NOx é hidrocarburo (HC), que se descarga por el tubo de escape de estos vehículos. Estos gases, son liberados a la atmosfera deliberadamente, y tornándose el responsable de la contaminación tanto del medio como la salud de la población.

1.2. Formulación del problema

De acuerdo a lo descrito en la realidad problemática se presenta a continuación los problemas de investigación del desarrollo de tesis.

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna que utilizan catalizadores impregnados con trióxido de lantano?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de la concentración de trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?
- ¿Cuál es la influencia del tiempo de impregnación del trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?

- ¿Cuál es la influencia del tiempo de calcinado del monolito impregnado en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?
- ¿Cuál es la influencia de la forma de la cápsula en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna que utilizan catalizadores impregnados con trióxido de lantano

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de la concentración de trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- Determinar la influencia del tiempo de impregnación del trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- Determinar la influencia del tiempo de calcinado del monolito impregnado en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- Conocer la influencia de la forma de la cápsula en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

El trabajo desarrollado, contribuyó en el conocimiento de la ecoeficiencia de los monolitos en función de los componentes que se impregnan sobre estos, en este caso, se trabajará con La_2O_3 .

1.4.2. Justificación ambiental

El presente desarrollo de la utilización del La_2O_3 en la dosis adecuada, contribuirá a evitar la contaminación atmosférica producida por los vehículos a gasolina y diésel, debido al incremento poblacional y la flota de vehículos en el Perú.

1.4.3. Justificación tecnológica

Para una buena eficiencia de reducción de los contaminantes al medio ambiente, se utilizará una tecnología de diseño y construcción de la cápsula que albergará a los monolitos de cerámica impregnado con el trióxido de Lantano, de tal forma que opere eficientemente.

1.5. Delimitantes de la investigación (teórica, temporal, espacial).

1.5.1. Delimitación teórica

El trabajo limitó en función a un solo componente que es La_2O_3 utilizado en los monolitos, existen otros trabajos con otros componentes ampliamente expresada en la literatura.

1.5.2. Delimitación temporal

El trabajo fue realizado en vehículos de combustión importados en los años 2010 – 2023.

1.5.3. Delimitación espacial

El trabajo será realizado en los vehículos del parque automotor de Lima Metropolitana.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional.

2.1.1. Internacionales:

Los motores de combustión interna constituyen una de las principales causas de contaminación ambiental. En el caso particular de los motores diésel los principales contaminantes son las partículas de hollín o material particulados y los óxidos de nitrógeno. El desarrollo de materiales catalíticos activos para la eliminación de contaminantes de gases de escape de motores diésel, han sido motivo de un intenso trabajo de investigación en los últimos años. [5]

La eliminación de hollín proveniente de escapes de motores diésel, es un problema para el cual aún no se ha encontrado una solución completamente satisfactoria. Dentro del proceso se debe lograr un sistema de filtración con buenos resultados de tal forma que se retenga las partículas muy finas como producto de la combustión en el motor que utilicen combustibles, evitando aumentos en la pérdida de carga del sistema de escape por taponamiento del filtro. Una de las opciones más adecuadas es la auto-regeneración por combustión catalítica del hollín. Para esto, el catalizador debe tener actividad suficiente a la temperatura de los gases de escape. En trabajos previos se reportaron resultados obtenidos con catalizadores basados en potasio y cobalto, soportados en MgO, CeO₂, y La₂O₃. Se encontró que el catalizador K/La₂O₃ es una opción promisorio para la eliminación del hollín. [5]

Este catalizador en mezcla mecánica con el hollín presenta un máximo en el perfil de oxidación a temperatura programada entre 350°C y 400°C. Esta temperatura de quemado de hollín se ajusta bien a los niveles térmicos disponibles en el escape de motores de carga pesada, y se acerca a los niveles térmicos disponibles en el escape de motores de carga liviana. El SO₂, inevitablemente presente entre los productos de la combustión de cualquier combustible derivado del petróleo, constituye un problema en cuanto a que éste desactiva el catalizador. [6,7]

Si bien las futuras legislaciones se están haciendo progresivamente más estrictas en cuanto a los contenidos de material particulado y NOx, también lo están haciendo con respecto al contenido de azufre de los combustibles, lo cual constituye un aspecto sumamente positivo teniendo en mente la desactivación de los catalizadores frente al SO₂. La preparación del catalizador soportado en el filtro o monolito cerámico presenta inconvenientes adicionales. Se debe lograr un depósito con la composición previamente optimizada, que presente buena adherencia al soporte y que sea mecánica y térmicamente estable. Finalmente, el estudio de las emanaciones de los biocombustibles, como el biodiesel, constituye un nuevo desafío, teniendo en cuenta que las actuales legislaciones en determinados países (y futuras en otros), están demandando el uso de porcentajes de éstos biocombustibles en mezcla con los combustibles tradicionalmente usados. [8]

La Cordierita es un mineral natural descubierto por un geólogo Francés Louis Antoine Cordier (1777-1861) [23], aunque exista en la naturaleza, para aplicaciones cerámicas y refractarias siempre se ha trabajado con material sintético formado a partir de Arcillas y Caolines, Talcos o Magnesitas y Alúmina. Se sabía que la adición de Óxido de Magnesio a la arcilla daba lugar a materiales que tenían mayor resistencia a los cambios térmicos.

Parmelee & Baldwin, en 1913 hacen mezclas cerámicas a partir de arcillas y talco con gran resistencia al choque térmico [24], después Montgomery hace referencia a un grupo de masas dentro del diagrama MgO.Al₂O₃.SiO₂ con el objetivo de ver la resistencia al choque térmico [9]

El primer estudio de sistema MgO.Al₂O₃.SiO₂ fue llevada a cabo por Rankin & Mervin en el año 1918 [25], desde entonces se han llevado a cabo muchas investigaciones sobre este sistema, contribuye a este estudio la zona tan reducida de la zona central del diagrama de estabilidad de la Cordierita y la complejidad de su comportamiento físico y químico, que determinan muchas

propiedades de interés para el empleo industrial de este compuesto cerámico.[\[10\]](#)

La clasificación de las formas polimórficas demostró que la Cordierita es conocida en 3 fases polimórficas, Rankin & Merwin ya tenían distinguidas 2 fases polimórficas de composición ternaria $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3.5\text{SiO}_2$, la forma α -Cordierita, fase que es estable y la fase μ -Cordierita, fase que es inestable. Otros estudios posteriores indicaron la semejanza entre la μ -Cordierita y la β -Espodumena, se define la β -Cordierita como forma estable de baja temperatura similar a la teoría propuesta por Yoder en el año 1952 teniendo un punto de inversión reversible a 830°C . Esta forma podría ser obtenida a partir de fases α -Cordierita o μ -Cordierita o bien de vidrios de la misma composición. [\[11\]](#)

Según Karjha navala, la Cordierita se forma fase α -Cordierita por reacción en estado sólido entre 950°C y 1.460°C a partir de mezclas apropiadas o bien entre 1050°C a 1460°C de la mezcla fundida [\[26\]](#). La forma β -Cordierita se forma únicamente por tratamiento hidrotermal a temperaturas inferiores a 830°C de un vidrio de composición apropiada de la forma μ -Cordierita o bien la forma α -Cordierita. Las fases meta estables se transforman en α -Cordierita cuando se calientan a temperaturas superiores a 830°C

Otro autor Miyashiro basado en otros trabajos llevados a cabo por Liyama, Sugiura y Kuroda propone una clasificación diferente a la indicada por Karjhanavala, es una serie estructural completa entre una forma hexagonal, Indialita y una forma Ortorrómbica, Perdistorsional cordierita. Miyashiro no hace distinciones entre Cordierita Natural y Cordierita Sintética, pero utiliza el término Indialita para la forma isoestructural con el Berilio y el término Cordierita para las formas Ortorrómbicas. [\[12\]](#)

También indica, como consecuencia de los trabajos llevados a cabo sobre el calentamiento de Cordieritas Sintéticas y naturales que la Indialita magnésica es estable entre 1440°C y el punto de fusión, mientras que la Cordierita

Subdistorsional es estable entre 1130°C y 1440°C aproximadamente y la Cordierita Perdistorsional solo es estable por debajo de 1130°C. La forma hexagonal se desarrolla comúnmente a temperaturas por debajo de la zona de estabilidad de la Indialita como consecuencia de un crecimiento rápido del cristal. [\[12\]](#).

2.1.2. Nacionales:

1. Durante una prueba realizada de soluciones químicas de impregnación de tierras raras a fin de obtener una actividad catalítica en un catalizador bidireccional, haciendo uso de los siguientes compuestos **La₂O₃/Cu** y **La₂O₃/Al**, tomando en cuenta los siguientes parámetros: la concentración de los reactivos, tiempo y temperatura de impregnación, porcentajes de los productos para fijar la relación de concentración.

Se tomó en cuenta los diferentes factores de los reactivos que intervenían en los cambios de reducción sobre todo del CO, observándose que hay una variación de 0,195 % relacionado al aumento medio de reducción de CO, es decir cuando hay una variación en la concentración de 0,5 g a 1,2 obteniéndose un incremento de 0,47 % de reducir el CO. Asimismo se observó que dicho cambio se produjo variando la concentración de los reactivos y el tiempo de permanencia en la calcinación es decir de 6 h a 12 h. [\[13\]](#)

2. Se efectuó una evaluación estadística con los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas con reactivos impregnados en monolitos de cerámica, teniendo como base una cápsula de acero en cuyo interior se colocó el monolito de cerámica una vez impregnado con el reactivo **La₂O₃/Zn/Na**, que es el catalizador. Para ello se utilizó un motor (Toyota ANZ1). Estas pruebas se realizaron en el banco de pruebas de combustión, en donde se ha notado que el porcentaje del CO se incrementa paralelamente al aumento de la velocidad obteniéndose un valor del 4 % con el catalizador original del motor, con la diferencia obtenida con el reactivo **La₂O₃/Zn/Na**, donde se ha

notado una diferencia de 5 % en peso de Lantano y que las emisiones de CO se incrementan cuando en el motor no está instalado el sensor de oxígeno muy cerca al 2 %. También se ha notado que cuando se incrementa la concentración de Lantano a 7.5 % se obtiene una eficiencia de 7 % de remoción de CO y un 32 % de remoción de HC. [13].

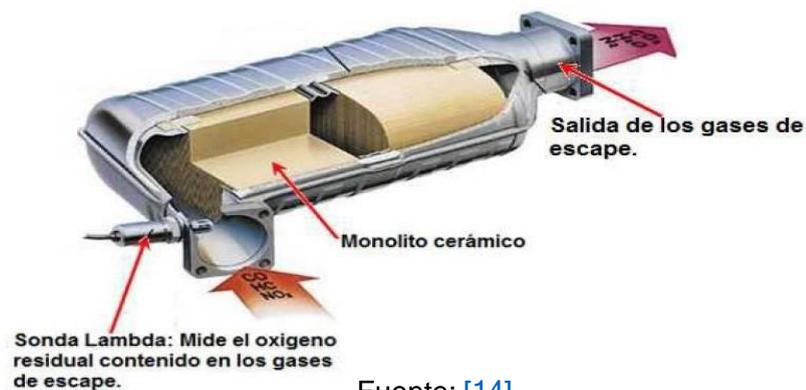
2.2. Bases teóricas:

La profundidad del marco teórico se relaciona con la naturaleza del problema de investigación; de tal manera que se exponen y argumentan lasteorías.

2.2.1. El convertidor catalítico:

El convertidor catalítico fue desarrollado debido a la necesidad de controlar y reducir las emisiones contaminantes, su principal función es la transformación de los gases peligrosos en otros menos nocivos para el ambiente y perjudiciales para la salud. Este dispositivo (Figura 3) empezó a ser utilizado a partir del año 1975, sufriendo considerables modificaciones con el paso de los años, lo que ha permitido reducir los niveles de emisiones contaminantes manteniéndose dentro de los rangos establecidos en las normas, dichas mejoras han permitido la reducción de las emisiones convirtiéndolo en un dispositivo altamente efectivo que permite reducir el 90% de los gases nocivos. En la Figura1 se especifica cómo actúa el convertidor catalítico sobre cada gas y la efectividad de dicho proceso. [14]

Figura 1
Convertidor catalítico



Fuente: [14]

El convertidor catalítico es una parte integral del sistema de emisiones, como se ilustra en la Figura 2, ubicado cerca del motor y detrás de la sonda lambda. Su objetivo es alcanzar rápidamente una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 250°C, pero su eficiencia total se logra a temperaturas superiores a los 400°C, llegando incluso a 900°C en condiciones de manejo exigentes. Esto permite que el convertidor funcione de manera eficiente en diversas situaciones de trabajo. [\[14\]](#).

Figura 2

Ubicación del convertidor catalítico en el automóvil



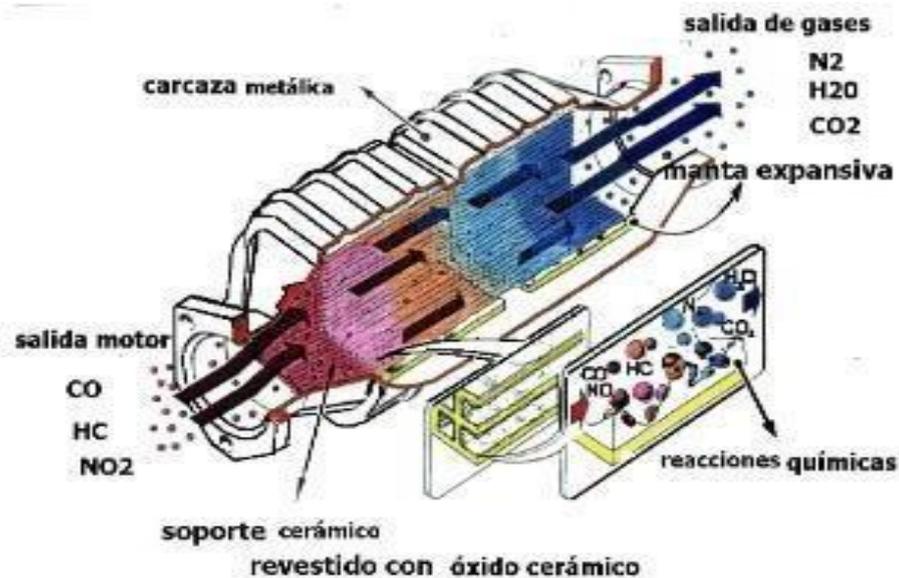
Fuente: [\[15\]](#)

Se encarga de neutralizar los tres gases más contaminantes que emite el motor de combustión interna como son: Hidrocarburos que no se quemaron (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx)

Estos gases producto de la combustión en el interior de los cilindros se expulsan hacia el exterior del motor a través del sistema de escape, antes de salir a la atmósfera se filtran a través de un convertidor catalítico como se aprecia en la Figura 3. Se calienta debido a que los gases de salida tienen una temperatura mayor a los 200°C, siendo las mejores condiciones de funcionamiento de estos catalizadores cuando la temperatura supera los 200 °C.

Figura 3

Corte de un convertidor catalítico y los gases al ingreso y a la salida del catalizador.



Fuente: [\[15\]](#)

Un vehículo en condiciones normales de uso, cuando parte en frío, alcanza estas condiciones en apenas 30 segundos. Esta condición es necesaria para que se activen el sistema catalítico (Pt, Pd y Rh). A medida que los gases pasan por el convertidor catalítico, estos reaccionan con el recubrimiento catalítico y se transforman en gases inertes como: agua (H₂O), nitrógeno (N₂) y dióxido de carbono (CO₂) que son menos perjudiciales a la salud y al medio ambiente.

Para un buen funcionamiento del convertidor catalítico, es necesario que los componentes gaseosos que ingresan sean teóricamente equivalentes produciendo una combustión completa, indicado por un factor lambda igual a 1, estas condiciones son necesarias para para un correcto funcionamiento del convertidor catalítico, además se evita que éste se deteriore rápidamente.

2.2.2. Catalizadores

Los catalizadores son sustancias que pueden variar la cinética de las reacciones químicas, una característica deseable de estos al final del proceso se recupera y vuelve a su estado original. A pesar de ser fundamental en las reacciones químicas no forma parte de ellas, tampoco se consumen y quedan inalteradas, por lo que no requiere ser reemplazados. [\[16\]](#).

Independientemente del material que estén fabricados los monolitos cerámicos que soportan los catalizadores éstos se encuentran recubiertos con una película microscópica de metales impregnados en su mayoría con sustancias activas como óxidos de aluminio, platino (Pt), paladio (Pd) y Rodio (Rh) o aceleradores y retardadores específicos que aumentan / retardan la reacción catalítica de los metales nobles. La cantidad de metales nobles en el catalizador varía de 0,85 a 4,53 g/automóvil. [\[17\]](#) .

2.2.3. Tipos de Catalizadores

Para que el convertidor catalítico pueda trabajar adecuadamente la función de reducir el nivel de los gases contaminantes, necesita de dos tipos de catalizadores: de oxidación y de reducción.

Los catalizadores de oxidación contienen elementos oxidantes que tienden a captar electrones. Siendo el catalizador más barato que existe. Se usa para reducir efectivamente el CO y los HC. Los elementos que actúan en el proceso químico son el platino (Pt) y el paladio (Pd). [\[17\]](#)

Los catalizadores de reducción contienen sustancias químicas que tienden a ceder electrones a la estructura química del medio. Es el encargado de disminuir las emisiones de óxido de nitrógeno se emplea platino y rodio. En contacto con los gases de escape con la superficie catalítica se descomponen las moléculas de óxidos de nitrógeno, produciendo moléculas de nitrógeno y moléculas de oxígeno.

2.2.4. Tipos de convertidores catalíticos

Los convertidores catalíticos se clasifican en función del número de vías que éste posee, relacionado al número de gases a tratar, ya que dependiendo de esto se adiciona los metales en las celdas de la cerámica de las que están fabricados é impregnados en el interior para que la reacción química sea la adecuada y así disminuir los gases contaminantes a valores mínimos, y que pueden ser de una vía, dos vías y tres vías.

El convertidor catalítico de una vía está constituido únicamente por un catalizador de oxidación, actúa directamente sobre el monóxido de carbono (CO), convirtiéndolo en dióxido de carbono (CO₂)

El convertidor catalítico de dos vías está constituido por un catalizador de oxidación, pero actúa sobre el CO y los hidrocarburos no combustionados (HC), obteniendo como productos CO₂ y agua (H₂O)

El convertidor catalítico de tres vías está constituido por dos catalizadores uno de oxidación y otro de reducción, ubicados en el mismo compartimento uno atrás del otro. Se realizan dos reacciones de oxidación y una de reducción, elimina los tres contaminantes principales (CO, HC y NO_x) fruto de la combustión incompleta del motor. Se necesita regular la mezcla aire / combustible muy precisa para su correcto funcionamiento.

2.2.5. Etapas de funcionamiento del Convertidor Catalítico de tres vías

Primera etapa: De reducción siendo la primera etapa del convertidor catalítico. Las paredes del monolito están impregnados por partículas de platino y de rodio, al contacto con los gases de escape se reducen consiguiendo disminuir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x)

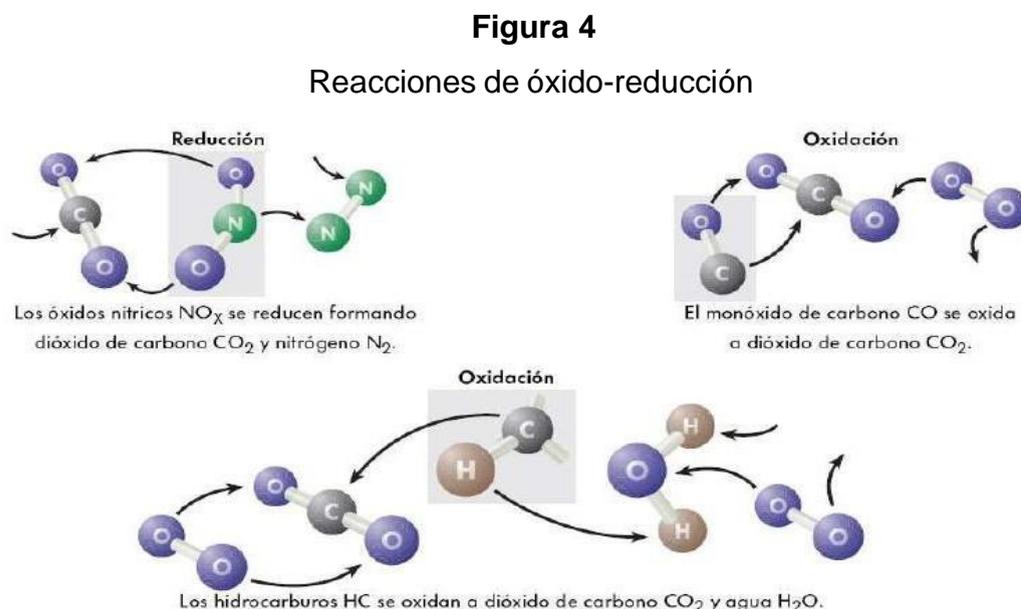
Cuando las moléculas de monóxido de nitrógeno reaccionan con el catalizador, se encuentran los átomos de nitrógeno y libera oxígeno, por otro lado, los átomos de nitrógeno se unen liberando nitrógeno molecular (N₂), el cual es componente

del aire por lo que no es contaminante.

Segunda etapa: Es la etapa de oxidación, el monolito está recubierto por partículas de platino (Pt) y paladio (Pd), es el encargado de hacer reaccionar a los hidrocarburos libres (HC) y el CO por procesos de oxidación con oxígeno que viene del propio motor produce CO_2 y H_2O

En este caso el catalizador es un soporte que completa la combustión del CO y de los HC libres, este proceso es eficiente por la sonda lambda que se encarga de medir el oxígeno expulsado y lo compara con el del exterior, dando esta señal a una unidad de control para que se corrijan los tiempos de inyección y la cantidad de aire que entra con la finalidad que haya suficiente oxígeno en el escape para poder completar la oxidación catalítica.

En la figura 4 se pueden observar las reacciones de oxidación y reducción comunes en un convertidor catalítico.



Fuente: [14]

2.2.6. Material utilizado como base para el catalizador: Cordierita

En forma general los catalizadores han sido considerados como elementos que intervienen en el incremento de la velocidad de las reacciones químicas, teniendo la característica fundamental, de no consumirse durante el proceso. [\[18\]](#)

Hoy en día se aprovecha esa actividad catalítica en todos los procesos de la industria química, llevándose a cabo en la mejora del medio ambiente que es motivo del presente trabajo.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Contaminación:

Hoy en día la contaminación ambiental es cada vez más peligroso, porque se está incrementando por diversos motivos, sobre todo vehiculares, que por la combustión de la gasolina emiten gases como el CO, CO₂, Industrias que el resultado de sus actividades eliminan gases tóxicos como el SO₂, NO_x, Pb, etc., así como también partículas de concentrados mineros sobre todo en el Callao, porque existe varios almacenes que no cuidan la polución durante el manejo de sus productos.

En Bucaramanga (Colombia) se hizo un análisis sobre la contaminación del aire, determinando que el principal motivo es el Material Particulado, (MP) cuya consistencia es la presencia de líquidos y sólidos como es el caso de los sulfatos, nitratos, partículas finas de carbón, polvos finos proveniente de la minería. Indudablemente estas razones han generado una alta contaminación en los niños, incrementándose el efecto de la morbilidad y mortalidad en diferentes tipos de enfermedades, sobre todo en problemas respiratorios y cardiovasculares en los habitantes.

Las consecuencias de estos problemas de contaminación también son afectadas las personas mayores y los órganos con enfermedades crónicas.

Todas estas razones no son solamente en estos lugares, sino que también está ocurriendo a nivel mundial. [\[19\]](#).

2.3.2 Ecoeficiencia:

La ecoeficiencia es un concepto que se refiere a la estrategia de desarrollo sostenible para los dedicados a los procesos de producción, básicamente donde haya uso de agua, sólidos, productos químicos y otros que hagan daño al medio ambiente; desde ese punto de vista estratégico se les ha recomendado especialmente a los empresarios de gran volumen de producción, a fin de abatir la contaminación atmosférica. Sin embargo, existen empresas que no cumplen con las normas de la no contaminación, por estas razones se ha considerado estrategias para mejorar la ecoeficiencia en beneficio de la población.

Como consecuencia de ello se han descubierto una gama de indicadores para controlar la ecoeficiencia donde han intervenido algunas asociaciones e instituciones y centros de investigación ligados a la sostenibilidad.

Sin embargo, en algunos países de Latinoamérica se ha tomado en cuenta las estrategias adecuadamente, obteniendo gran utilidad para promocionar una mejor gestión ambiental y mejorando la asociatividad de empresarios en beneficio de una mejor calidad de vida. [\[20\]](#).

2.3.3 Monolitos:

Generalmente un monolito está considerado como una formación natural en bloques de roca que han alcanzado en forma natural de gran tamaño, siendo de importancia su composición casi homogénea en su estructura cuyo origen natural presentan estructura geomorfológica parecido a una montaña. En este caso para la investigación los monolitos son fabricados teniendo como material composiciones de extracción metalúrgica y que son producidos en la forma y tamaño de acuerdo al uso que se le dará. El monolito natural existe a nivel mundial. [\[21\]](#)

2.4. Definición de términos básicos: Funcionales a la investigación del problema.

2.4.1 Sonda Lambda

Es un instrumento que se utiliza en la medición de los gases de escape sobre todo de los motores de combustión, principalmente mide la cantidad del oxígeno; trasladando la información al equipo de control de las unidades móviles. Luego de los análisis que realiza el equipo, y da la información adecuada para la mezcla estequiométrica entre la gasolina y el oxígeno.

2.4.2 Monolitos de tierras raras

Son formaciones metalúrgicas que existen en la naturaleza a nivel mundial y cuya cristalización es natural, dicho producto es utilizado para diferentes procesos para lo cual se tiene que realizar tratamientos específicos, dado que su formación es rocosa y en cuya estructura cristalográfica se encuentran diferentes metales a los cuales se les denomina tierras raras, entre ellos el trióxido de lantano (La_2O_3).

2.4.3 Materiales catalíticos

Están considerados como una sustancia que al ser agregado en un proceso química puede incrementar la velocidad de reacción, sin tener una combinación durante el proceso ni generar otro compuesto, como el caso del lantano, Vanadio Paladio y muchos otros más.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

- La ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna que utilizan catalizadores impregnados con trióxido de lantano es $>$ al 95%

3.1.2 Hipótesis específicas

- La concentración del trióxido de lantano tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- El tiempo de impregnación del trióxido de lantano tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- El tiempo de calcinado del monolito impregnado tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- La forma de la cápsula tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna

3.2. Definición conceptual de las variables

➤ Variable Independiente:

- Catalizador: impregnado con trióxido de lantano.

Dimensiones:

- Concentración del trióxido de lantano.
- Tiempo de impregnación del trióxido de lantano.
- Tiempo de calcinado del monolito impregnado.
- Forma de la cápsula.

➤ Variable dependiente

- Ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna.
- Dimensiones: Reducción de las emisiones de contaminantes primarios.

➤ **Indicadores:**

- Reducción de las emisiones de los contaminantes primarios mayor al 95 %.
- Concentraciones menores a 100 ppm.
- Tiempo entre 18 y 24 horas
- Entre 8-10 horas a 700°C
- Ovoide y $\frac{3}{4}$ de litro.

➤ **Método:**

- Analizador de gases de combustión.
- Experimental.

La variable dependiente es la ecoeficiencia, el cual mide la concentración de gases contaminantes, específicamente el monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, hidrocarburos gaseosos HC y los óxidos nitrosos NO_x. Esta concentración se mide en partes por millón (ppm).

3.2.1. Operacionalización de variable

Se presenta un cuadro de operacionalización de las variables:

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable dependiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna	La ecoeficiencia es un concepto que se refiere a la estrategia de desarrollo sostenible para los dedicados a los procesos de producción, básicamente donde haya uso de agua	Reducción de las emisiones de contaminantes primarios	Reducción de las emisiones de los contaminantes primarios mayor al 95%	Analizador de gases
Variables independientes	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Catalizadores impregnados con trióxido de lantano	Las características de un catalizador para uso vehicular dependen de los parámetros como la concentración del óxido de lantano, del tiempo de impregnación en el monolito, y la temperatura de activación, además del diseño de la cápsula	<p>Concentración del trióxido de lantano</p> <p>Tiempo de impregnación del trióxido de lantano</p> <p>Tiempo de calcinado del monolito impregnado</p> <p>Forma de la cápsula</p>	<p>Concentración es menores a 100 ppm</p> <p>Tiempo entre 18 y 24 horas</p> <p>Entre 8-10 horas a 700°C</p> <p>Ovoide y >3/4 de litro</p>	<p>Espectrofotometría</p> <p>Cronómetro</p> <p>Cronómetro y termocupla</p> <p>Relaciones geométricas</p>

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Previo al presente trabajo se desarrollaron actividades de monitoreo sobre el rendimiento del nuevo convertidor catalítico compuesta por trióxido de lantano (La_2O_3) y metales de transición, variando la concentración del material activo utilizado y la temperatura de calcinación para activar el material catalizador depositado sobre cordierita. Este proceso catalítico se determina mediante reacciones de oxidación, a temperatura formulada en un reactor tubular de vidrio de cuarzo que soporte temperaturas superiores a 1000°C , de una mezcla de CO y aire y monitoreado tanto a la entrada como la salida el flujo de los gases con respecto al CO

El diseño se concreta de acuerdo a la naturaleza del problema a investigar. El problema determina los métodos, las técnicas, estrategias y los instrumentos para la ejecución de la investigación, que puede ser básica, aplicada, de naturaleza filosófica o humanística.

4.1. Diseño metodológico

Según el problema planteado y en base a los objetivos del enfoque de la investigación es cuantitativo debido a la medición de gases mediante un dinamómetro vehicular (mide los gases de emisión de la combustión de la gasolina diésel), el alcance de la investigación es de carácter correlacional y el diseño de investigación es experimental en el orden pre experimental, dado que se realizó pruebas en el banco de pruebas para diferentes condiciones y observar el comportamiento de la salida de los gases.

4.2. Método de investigación

Por la naturaleza de la investigación el método es lógico inductivo, porque los experimentos se realizaron en un banco de pruebas (caso particular) para luego generalizar a vehículos que presentan las mismas características del parque automotor a nivel nacional y para su planificación la ruta de la

investigación se hizo en dos etapas.

La primera etapa se realizó en los diseños respectivos, tanto de la cápsula de acero como los reactivos que se utilizó.

En la segunda etapa se aplicó la metodología de la investigación en un equipo de banco de pruebas (dinamómetro vehicular)

Para verificar que el nuevo convertidor catalítico funcione correctamente, se ha creado una metodología de prueba en un banco de pruebas con un motor estático conectado a un dinamómetro de banco. Esto se puede lograr comparando las concentraciones de gases que ingresan al convertidor catalítico y los valores que salen, obteniendo un porcentaje de reducción que, según los datos generales de los fabricantes, debe reducir alrededor del 90% de las emisiones contaminantes.

La vida útil del convertidor catalítico es de alrededor de 80 mil kilómetros, lo cual es un valor aproximado ya que varios factores, como el uso continuo, la falta de mantenimiento previo e incluso la realización de maniobras de conducción, provocan su deterioro y disminución de la eficiencia, lo que puede llevarlo a perder completamente su capacidad de transformar los gases de escape.

Los motores de combustión interna están sometidos a pruebas que les permiten evaluar diversas condiciones de operación, como torque, potencia, consumo de combustible y emisiones gaseosas. La metodología para el análisis del nuevo convertidor catalítico se desarrollará a partir de la evaluación de las emisiones, lo que permitirá medir el desempeño del motor.

Existen pruebas que se realizan a los motores de combustión interna capaces de valorar las diferentes condiciones de operación a las que está trabajando, entre ellas tenemos: pruebas de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones gaseosas; el desarrollo de la metodología para el

análisis del nuevo convertidor catalítico se realizará a partir de la valoración de las emisiones, las que permitirán cuantificar el desempeño del mismo.

4.3. Población y muestra

➤ **Población:**

Parque automotor (motores de combustión) vehículos de Lima y Callao que puede ser extensivo a nivel nacional para todos los vehículos que presenten características similares al banco de prueba.

➤ **Muestra:**

La muestra en este caso es el banco de prueba del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

➤ **Tipo de muestreo:**

Método de selección de la muestra fue por muestra no probabilístico y por conveniencia (los equipos e instrumentos son únicos).

➤ **Unidad de análisis:**

Disminuir la emisión de gases (CO, CO₂, NO_x) al ambiente a partir de la combustión de la gasolina mediante el uso del monolito cerámico.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El trabajo fue desarrollado en el laboratorio de motores de combustión de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de ingeniería (UNI), el estudio se realizó en un lapso de seis meses que corresponde al año 2,018.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información:

Para el desarrollo de la Tesis se hizo uso de instrumentos y equipos que corresponden a la fase experimental, para el cual podemos considerar según sus características:

4.5.1 Operaciones en el banco de pruebas:

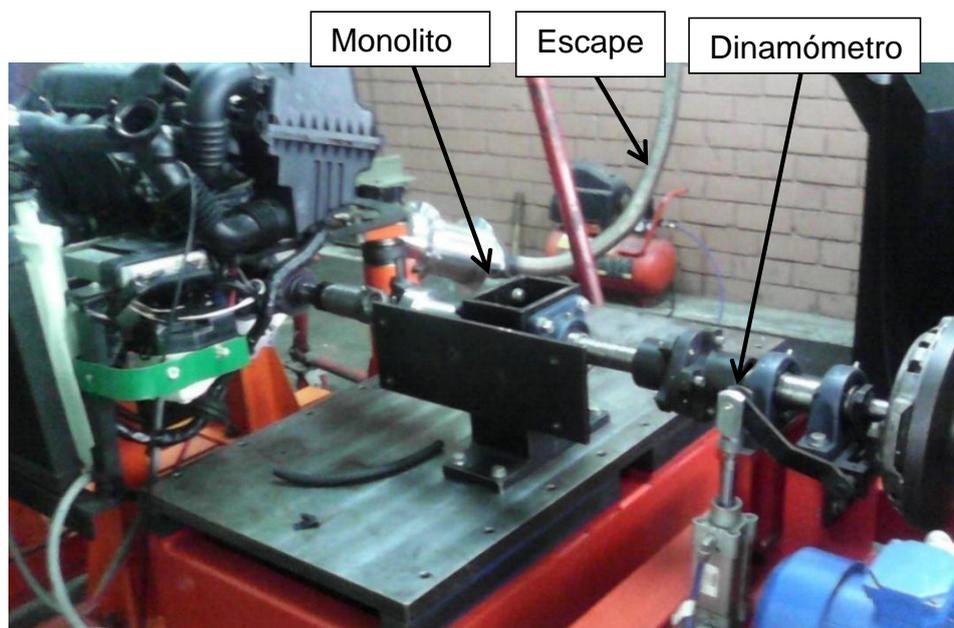
Como su mismo nombre lo indica, se llevan a cabo estas pruebas utilizando un banco de pruebas, que utiliza un dinamómetro de banco para realizar pruebas en el motor (Figura 5). Este banco de pruebas es un equipo de laboratorio que permite evaluar previamente las condiciones de calidad de una parte de un conjunto. Estas pruebas facilitan la medición de diversas características del motor, como el torque, la potencia, el consumo de combustible y la temperatura, entre otras.

4.5.2 Las pruebas en dinamómetro vehicular:

Los dinamómetros de vehículos pueden probarse con o sin carga. La medición de las emisiones de los vehículos en condiciones dinámicas se lleva a cabo aplicando carga al motor mientras este está en funcionamiento. En el banco de pruebas, un dinamómetro se conecta al motor y ejerce una carga sobre él, que puede variar gradualmente.

Figura 5

Banco de pruebas acoplado al dinamómetro



4.5.3 Pruebas en ruta:

Estas pruebas se llevarán a cabo con un vehículo que recorre una ruta preestablecida en intervalos de velocidad y tiempo para cada tipo de ciudad, dependiendo de su topografía, altitud, etc.

Adicionalmente el equipo de banco de prueba cuenta con sensores que miden temperatura, presión y material particulado.

➤ **Guías y manuales:**

En la fase documentaria se hizo uso de manual del fabricante, bibliografía especializada y normas que rigen la cantidad de los gases contaminantes.

➤ **Capacitación:**

Al inicio de del desarrollo de las pruebas, se recibió capacitación por un especialista en la materia durante una semana a todos los participantes.

➤ **Técnicas:**

Para obtener las pruebas de reducción de contaminantes, necesariamente se ha utilizado

➤ **Observación:**

Para la realización de las pruebas, se hizo la revisión y verificación de funcionamiento de los diferentes equipos, reactivos, materiales y otros que se utilizaría en las diferentes pruebas.

4.5.4 Instrumentos: Rigor Científico:

- Balanza Electrónica: SF 400C
- Mufla (700°C) : Termo Científica
- Ficha de cumplimiento de instalación Dinamómetro
- Preparación de reactivos químicos: soluciones
- Cápsula de acero (8.5 Kg de peso).

- Monolitos de cerámica.
- Motor de Vehículos a gasolina y Diésel.
- Dinamómetro

Reactivos químicos utilizados:

- Trióxido de lantano : La_2O_3
- Óxido de zinc : ZnO
- Hidróxido de sodio : NaOH
- Ácido Nítrico : HNO_3

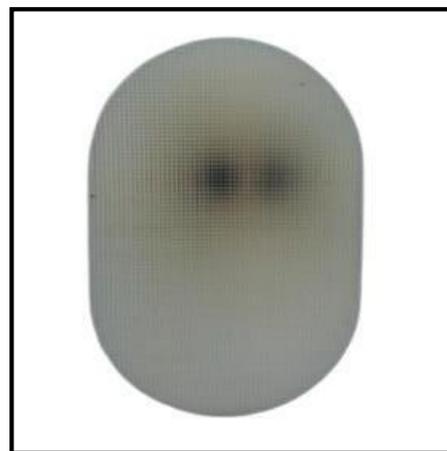
4.5.5 Principales equipos

Seguidamente, se muestran los principales equipos y materiales usados en la parte experimental.

Figura 6
Equipos y Materiales



(a) Balanza Electrónica



(b) Monolito de Cerámica Vista Frontal



(c) *Monolito de cerámica vista lateral*



(d) *Mufla*



(e) *Cápsula de acero (8.5 kg)*

4.5.6 Impregnación del Trióxido de Lantano:

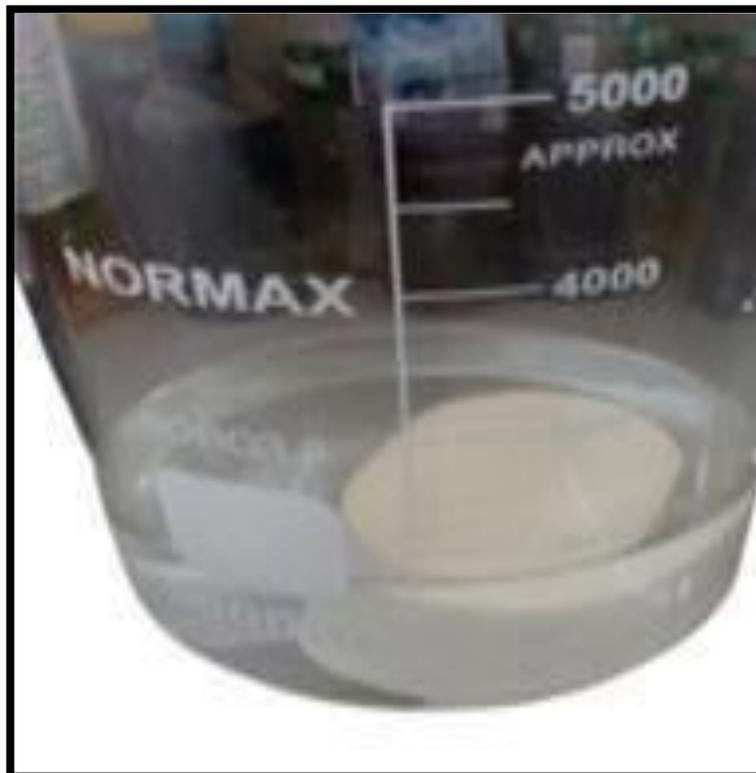
Para este proceso lo primero que se hace es preparar los reactivos que se va a utilizar para la impregnación del trióxido de lantano, luego se introduce el monolito en un vaso de 5 litros, durante 6 a 12 horas dependiendo del porcentaje del peso de los monolitos tal como se muestra en la figura 7 a y b:

Figura 7 (a y b)

(a) *Pesado de los reactivos*



(b) *Impregnación del monolito con la solución de los reactivos(trióxido de lantano)*



En la figura 8 se observa el proceso de calcinación del monolito impregnado con trióxido de lantano, con la finalidad de activar el catalizador y a la vez lograr la adherencia con el monolito para una mejor resistencia mecánica.

Figura 8

Calcinación del monolito en una mufla a 700°C de Temperatura de 6 o 12 horas dependiendo del porcentaje de reactivos utilizados (trioxido de lantano).



4.5.7 Armado de la cápsula con el monolito de cerámica:

Consiste en introducir dentro de la cápsula de acero, 2 monolitos impregnado con los reactivos químicos respectivos, sujetos fuertemente con 2 tornillos y siendo protegidos con fibra de vidrio alrededor de los monolitos para evitar la fuga de la temperatura originado por los gases salientes, finalmente es sujetado con una placa metálica de ajuste y luego la tapa de la cápsula para ser instalado en el tubo de escape del vehículo. Como se aprecia en la Figura (9 e)

Figura 9
Proceso de armado de la cápsula



(a) *Cápsula cerrada*



(b) *Cápsula lista para ubicar los monolitos*



(c) *Cápsula con un monolito*



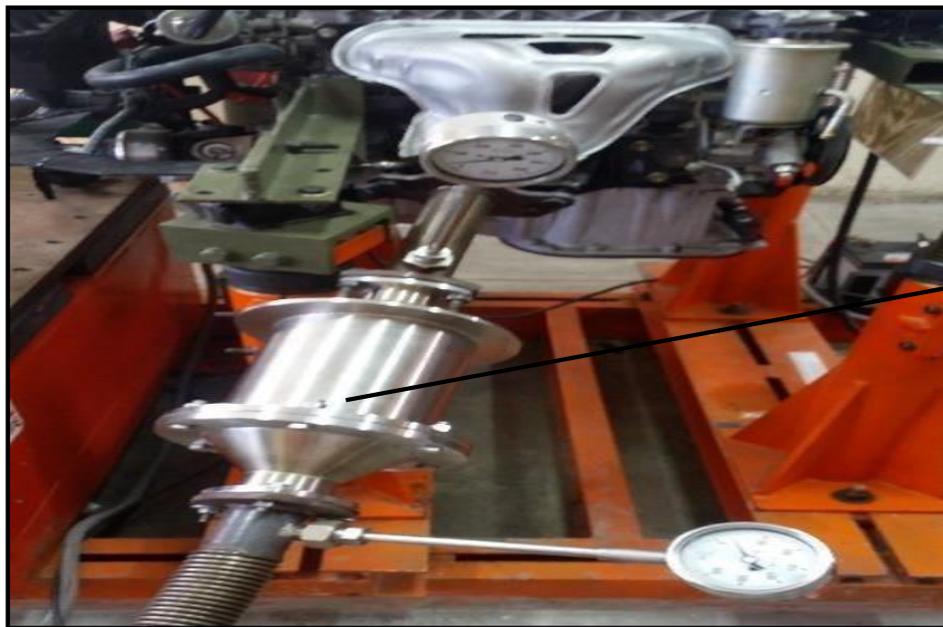
(d) *Cápsula con dos monolitos*



(e) *Cápsula lista para instalar*



(f) Cápsula en revisión antes de la instalada en el motor dela UNI



Cápsula con el monolito

(g) Cápsula instalada en el motor de la UNI



(g) Cápsula instalada en el motor de la FIME-UNAC

4.5.8 OPERACIONES REALIZADAS EN EL BANCO DE PRUEBAS:

Para el desarrollo de las pruebas se ha tomado en cuenta todos los parámetros y equipos que se utilizará a fin de estandarizar su funcionamiento, así como las pruebas en blanco y con carga.

REQUERIMIENTOS PARA LA UTILIZACION DEL BANCO DE PRUEBAS:

1. Monolitos de cerámica:

Para obtener buenos resultados con el uso de los monolitos, se debe pesar previamente cada monolito a fin agregar un porcentaje adecuado de cada reactivo químico antes de la impregnación y calcinación.

PESO DE LOS MONOLITOS: ANTES DE LA INMERCIÓN EN LA SOLUCIÓN:

Tabla 2
Peso de los Monolitos

FECHA: 7/05/2018		CANTIDAD: 8				
ORDEN	MONOLITO	PESO INICIAL	UNIDAD	XLa	YZn	ZNa
1	1A	179.30	gr			
	1B	183.98	gr			
2	2A	182.88	gr			
	2B	184.20	gr			
3	3A	182.63	gr			
	3B	179.47	gr			
4	1AI	183.86	gr			
	1BI	182.99	gr			

Nota: XLa: Porcentaje en peso de trióxido de lantano
YZn: Porcentaje en peso del óxido de cinc
ZNa: Porcentaje en peso de hidróxido de sodio

2. Del banco de pruebas.

- Calentamiento del banco de pruebas:

Se debe hacer funcionar el equipo durante 20 minutos aproximadamente a fin de homogenizar la temperatura del motor

4.6 ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS:

El banco de pruebas está conformado por los siguientes equipos:

4.6.1 Banco propiamente dicho que presentan los siguientes equipos :

- ❖ Motor de combustión interna (gasolinera).
- ❖ Controles de mando.
- ❖ Palanca de cambios.
- ❖ Interruptores de encendido y apagado.
- ❖ Tanque de combustible.
- ❖ Múltiple de escape.

- ❖ Acelerador manual.
- ❖ Botón de emergencia.
- ❖ Control de combustible.

4.6.2 Dinamómetro que presentan los siguientes elementos:

- ❖ Frenómetro
- ❖ Freno de control.

Ejecución de pruebas:

Las pruebas deben llevarse a cabo en un ambiente abierto o bastante ventilado porque se emiten muchos gases. El motor del banco de pruebas debe encenderse para revisar posibles fugas del sistema (salida de escape, motor, uniones). Espere un poco para que esté en equilibrio térmico. Una vez que el motor funcione, verifique posibles fugas en el sistema de escape y otras juntas y uniones. Verifique que la temperatura de funcionamiento del motor sea adecuada. Purgar la salida de escape tres veces al menos

El analizador de gases se debe:

- Se debe revisar la sonda del analizador de gases para eliminar posibles depósitos y acumulaciones de agua.
- Preparar el detector de gases.
- Encender el analizador de gases y esperar un poco para estabilizar y lograr el equilibrio térmico.
- Prueba el equipo para fugas. Conecte el sensor de rpm a la bujía del motor principal.
- La sonda de temperatura se puede conectar al tanque de aceite para medir la temperatura de trabajo del motor.
- El sensor de temperatura se puede colocar en el orificio de la sonda de nivel de aceite para controlar la temperatura del motor mientras funciona.

- Datos: alcance la temperatura de funcionamiento.
- Se coloca la sonda en el tubo de escape.

Una vez que el analizador de gases se conecta al banco de pruebas, se selecciona la opción "prueba de gases" y luego se selecciona "diagnóstico de vehículo":

- Se espera que el equipo responda rápidamente.
- El motor se estabiliza en las revoluciones deseadas.
- Hacemos las mediciones utilizando la fuerza del dinamómetro.
- Para cada gas, el proceso se repite antes (sin catalizador) y después (con catalizador).

Procesamiento de datos:

Para evaluar el convertidor catalítico, se realiza la medición de gases antes y después de ingresar al mismo, los datos serán anotados en la Tabla 3.

Tabla 3

Recolección de datos de pruebas de emisiones en dinamómetro de banco, antes y después, del convertidor catalítico (sin carga aplicada).

PRUEBAS DE CATALIZADOR			
LONGITUD:	DE VIAS		
DIÁMETRO DE ENTRADA Y SALIDA:	MARCA:		
SIN CATALIZADOR			
GAS	1	2	3
CO			
CO ₂			
HC			
O ₂			
NO _x			
LAMBDA			
RPM			
TEMPERATURA			
TORQUE			
POTENCIA			
CON CATALIZADOR			
GAS	1	2	3
CO			
CO ₂			
HC			
O ₂			
NOX			
LAMBDA			
RPM			
TEMPERATURA			
TORQUE			
POTENCIA			

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

El presente desarrollo de tesis es original, se hacen las citas y referencias bibliográficas, que dan los créditos a los autores. El trabajo se desarrolla de forma ética sin dañar a personas, estando de acuerdo a la R. N° 260-219-CU

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos:

Según los resultados del banco de pruebas, hay una pequeña tendencia en los valores de reducción de CO y HC, lo que hace que el estudio sea prometedor y se enfoque en la optimización del método de impregnación y calcinación del catalizador, como se muestra en las Tablas del 04 al 09

Tabla 4

Resultados de las emisiones del motor con el sensor de oxígeno desconectado y sin catalizador.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O ₂ , %V
730	90	85	1.028	2.86	380	2.09
1013	90	82	1.004	3.38	467	2.03
157	98	90	1.124	0.49	296	2.23
2071	98	90	1.046	1.45	231	1.57
2599	110	100	0.967	3.45	252	1.34
3013	120	110	0.913	4.46	265	0.91
3559	130	120	0.874	5.36	244	0.61

Tabla 5

Resultados de las emisiones del motor con sensor de oxígeno conectado y sin catalizador.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O ₂ , %V
726	148	141	1.136	0.62	296	2.09
1057	141	138	1.143	0.67	342	2.03
1511	142	140	1.105	0.69	298	2.23
2070	150	143	1.091	0.79	186	1.57
2572	152	150	1.086	0.78	155	1.34
3073	160	158	1.060	0.83	132	0.91
3449	173	168	1.041	0.88	105	0.61

Tabla 6

Las emisiones del motor ocurren cuando el convertidor catalítico original y el sensor de oxígeno están desconectados.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O2, %V
740	120	130	0.965	2.30	907	1.07
1043	120	140	0.953	2.74	652	0.92
1523	120	140	0.949	2.69	460	0.74
2054	130	140	0.888	4.98	493	0.78
2517	140	150	0.913	4.25	466	0.82
3006	150	151	0.892	4.77	305	0.56
3535	170	170	0.854	5.97	194	0.29

Tabla 7

Los resultados de las emisiones del motor utilizando el catalizador original y el sensor de oxígeno conectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO %V	HC, ppm	O2, %V
730	150	180	1.075	0.02	143	1.23
1020	150	182	1.063	0.01	91	1.02
1548	155	185	1.043	0.01	75	0.72
2018	180	185	1.047	0.01	25	0.74
2533	180	190	1.057	0.04	13	0.90
3013	190	200	1.036	0.04	9	0.58
3523	195	205	1.019	0.05	8	0.32

Tabla 8

Las emisiones del motor utilizando el catalizador La/Zn/Na y el sensor de oxígeno desconectado.

RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO, %V	HC, ppm	O2, %V
742	150	95	1.035	2.77	478	2.22
1024	150	95	0.998	2.85	362	1.61
1539	155	100	1.205	0.37	132	3.10
2032	155	105	1.148	0.43	118	2.42
2528	155	105	1.052	1.03	122	1.39
3023	160	105	0.972	2.22	142	0.74
3548	170	115	0.907	3.90	157	0.46

Tabla 9

Las emisiones del motor con catalizador La/Zn/Na y sensor de oxígeno conectado.

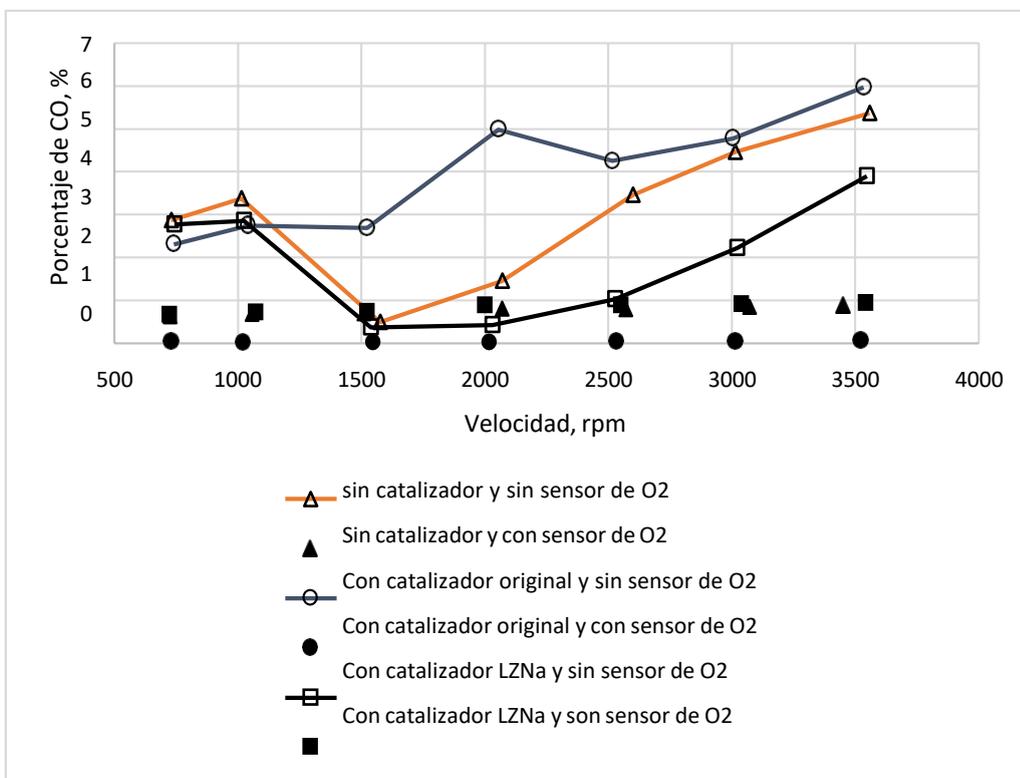
RPM	T1, °C	T2, °C	λ	CO %V	HC, ppm	O2, %V
724	190	150	1.147	0.65	316	2.62
1072	190	150	1.098	0.71	310	2.00
1524	190	150	1.087	0.73	271	1.83
2001	190	145	1.076	0.88	164	1.69
2551	190	145	1.061	0.88	141	1.46
3039	195	150	1.037	0.91	116	1.10
3543	205	155	1.031	0.93	103	1.01

5.2. Resultados Inferenciales:

La Figura 10 muestra cómo las emisiones de CO aumentan con la velocidad del motor y alcanzan niveles superiores al 5% con el catalizador original. Sin embargo, con el catalizador desarrollado en la UNI, que contiene un 5% de peso de Lantano, las emisiones de CO son cercanas al 4%, incluso cuando el motor no tiene un sensor de oxígeno. Mientras tanto, con el sensor de oxígeno conectado, las emisiones son menores a 1%. Cuando el sensor de oxígeno está desconectado, el catalizador original y el desarrollado en la UNI muestran una actividad catalítica nula, según la prueba estadística T para muestras independientes. Por otro lado, cuando el detector de oxígeno está conectado el catalizador desarrollado se observa también eficiente.

Figura 10

Las emisiones de CO del motor de gasolina ANZ1, tanto sin catalizador como con los catalizadores originales y desarrollados en la UNI.

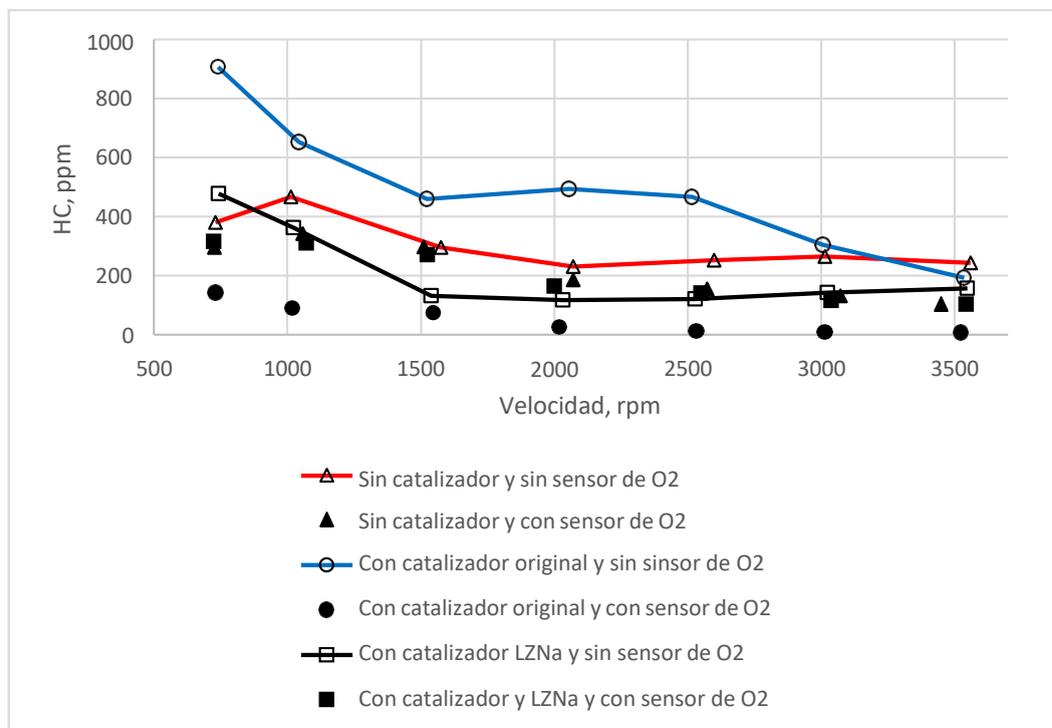


5.3. Otro tipo de resultados estadísticos según la estadística del problema y la hipótesis.

Se observa en la fig. 11, las emisiones de HC disminuyen con la velocidad del motor, llegando a valores cercanos a 100 ppm, lo que corresponde a la norma de motores EURO IV [Portilla, 2005]. Con el catalizador desarrollado en la UNI, que contiene un 5% de peso de Lantano, las emisiones de HC llegaron a 103 ppm. Cuando el sensor de oxígeno está desconectado, tanto el catalizador original como el desarrollado en la UNI muestran una actividad catalítica similar, según la prueba estadística T para muestras independientes. Por otro lado, cuando se conecta el sensor de oxígeno al catalizador desarrollado se nota también eficiente.

Figura 11

Las emisiones de HC del motor gasolinera Toyota ANZ1, tanto sin catalizador como con los catalizadores originales y desarrollados.



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

6.1 Contrastación y demostración de la Hipótesis con los resultados

Prueba estadística para determinar la validez de los datos recopilados:

Se optó por utilizar la prueba estadística T-student para determinar si los datos obtenidos eran estadísticamente significativos. Para determinar si las variaciones de las muestras son homogéneas o heterogéneas, se realiza la prueba de homocedasticidad (22). Como resultado, se aplicará la prueba F a cada catalizador y luego se compararán los datos que se obtuvieron sin el catalizador.

Tabla 10

Prueba F de las emisiones de CO de los dos catalizadores

	<i>Original</i>	<i>LaZnNa</i>
Media	3.95714286	1.93857143
Varianza	1.94625714	1.83501429
Observaciones	7	7
• Grados de libertad	• 6	• 6
F	1.06062234	
P(F<=f) una cola	0.47243519	
Valor crítico para F (una cola)	4.28386571	

Se acepta la hipótesis nula y se determina que las variaciones en los resultados de las emisiones cuando se tienen los dos catalizadores son iguales, ya que el valor P (0.4724) de la prueba F es mayor al nivel de significancia (0,05). Esto demuestra que las variaciones en los resultados de ambos catalizadores son iguales. Como resultado, se utiliza la prueba estadística del estudiante T para varianzas homogéneas. La Tabla 11 muestra los resultados.

Tabla 11

Prueba estadística T-student para las emisiones de CO de los dos catalizadores

	<i>Original</i>	<i>LaZnNa</i>
Media	3.95714286	1.93857143
Varianza	1.94625714	1.83501429
Observaciones	7	7
Varianza agrupada	1.89063571	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	12	
Estadístico t	2.74646593	
P(T<=t) una cola	0.00885895	
Valor crítico de t (una cola)	1.78228756	
P(T<=t) dos colas	0.01771789	
Valor crítico de t (dos colas)	2.17881283	

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que indica que hay una diferencia estadísticamente significativa en la eficiencia catalítica entre los dos catalizadores. Esto se debe a que el valor P (0.0177) del estadístico T es menor que el nivel de significancia (0.05).

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios Similares

De acuerdo a la tesis: “Catalizadores Pt, Rh, Pt, soportados con La₂O₃ y CeO₂ para eliminación de hollín y óxidos de nitrógeno” desarrollada por la Ingeniera Bárbara Sánchez de la Universidad Nacional de Litoral, Santa Fe de la Vera Cruz, Argentina (2010). Demostró que el catalizador Pt,K/La₂O₃ mostró mayor eficiencia para la reducción de los NO_x adsorbidos, en corriente de H₂. Por otro lado, con el K/La₂O₃, si bien la reducción ocurrió a mayor temperatura que cuando los catalizadores contienen Pt o Rh, se obtuvo una completa selectividad a N₂. Corroborando los resultados de esta tesis.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos.

La presente tesis es producto de un proyecto de investigación titulado, **“Nuevos nano-dispositivos catalíticos para disminuir la contaminación atmosférica producida por vehículos que utilizan combustibles derivados del petróleo o biomasa”**, siendo el programa Nacional de Innovación para la competitividad y productividad para la ejecución de proyectos de investigación básica del Ministerio de la Producción que otorgó el financiamiento de S/ 361,800.00 (trescientos sesenta y un mil ochocientos soles)

Los Recursos no reembolsables fueron adjudicados a la Universidad Nacional de Ingeniería bajo el Convenio N° 171 FINCyT-IB-2013

Además de la presenta tesis también se publicaron dos artículos científicos, siendo los siguientes:

- 1) Chirinos Collantes, Hugo David, docente de la Universidad Nacional de Ingeniería; Lazo Camposano, Roberto, docente de la Universidad Nacional del Callao; Pérez Alarcón, Renzo, de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UNI: “Statiscal evaluation of gasolina engine emissions with La₂O₃/Zn/Na catalyst”, *Periódico Tchê Química*, v 16, n°31, p 517- 527, November 2018.
- 2) Chirinos Collantes Hugo David.; Perez Alarcon Renzo Jeampiare. “Optimization process parameters to obtained two way catalyst La₂O₃/Cu/Al”, *Periódico Tchê Química*, v 15, N° 30, p 737-742, July. 2018.

Por las razones expuestas, declaro que el desarrollo de la Tesis titulado. **“PROCESO DE MEJORA DE LA ECOEFICIENCIA DE LOS CATALIZADORES VEHICULARES QUE UTILIZAN COMBUSTIBLE DERIVADOS DEL PETROLEO O BIOMASA”**, es original, por lo tanto los resultados obtenidos son veraces, no es copia de ningún otro. Asimismo, tengo conocimiento de los efectos legales que causa el artículo 411 del código penal y del artículo 32.3 de la Ley 27444

VII. CONCLUSIONES:

Se ha descubierto que los catalizadores creados en esta investigación son ecoeficientes, ya que los hallazgos indican que el porcentaje de emisiones de CO aumenta con la velocidad del motor, llegando a valores superiores al 5%, tanto con el catalizador original como con nuestro catalizador que contiene un 5% en peso de lantano. En caso de que el motor no tenga un sensor de oxígeno, las emisiones de CO son cercanas al 4%. Mientras tanto, con un sensor de oxígeno, las emisiones son menores a 1. El catalizador original y el catalizador desarrollado muestran una diferencia estadísticamente significativa en la eficiencia catalítica, según la prueba estadística T para muestras independientes. Sin embargo, a medida que aumenta la velocidad del motor, las emisiones de HC disminuyen hasta alcanzar valores cercanos a 100 ppm, lo que corresponde a la norma EURO IV (Tabla 12). Con el catalizador creado con un 5% en peso de lantano, las emisiones de HC alcanzaron 103 ppm.

Tabla 12

Normas Europeas sobre emisiones vehiculares ligeros <1305 kg, categoría (N1-I)

Tipo	Fecha	CO, %	HC, ppm
Gasolina			
Euro I	Octubre 1994	2.72	-
Euro II	Enero de 1998	2.2	-
Euro III	Enero de 2000	2.30	200
Euro IV	Enero de 2005	1.0	100
Euro V	Septiembre de 2002	1.0	75

Portilla A. 2005 [\[22\]](#)

Dentro de lo que es el sistema de control de emisiones vehiculares destacan los siguientes sistemas:

- Sistema de ventilación positiva del Cáster (PCV)
- Sistema cerrado de control evaporativo (Canister),
- Sistema de recirculación parcial de gases de escape (EGR),
- Sistema de inyección adicional de aire al ductor de escape,
- Sensor de oxígeno, sonda Lambda,
- Convertidor catalítico.

Cuando el motor no tiene un sensor de oxígeno, las emisiones de CO son cercanas al 4% con el catalizador desarrollado en nuestra investigación, que contiene el 5% en peso de lantano. Sin embargo, con el catalizador original de los vehículos, las emisiones de CO superan el 5%

Se ha obtenido durante la calcinación que la temperatura adecuada es de 700°C, dando buenos resultados en cuánto se refiere a la eliminación de contaminantes.

Se ha determinado que el tiempo de calcinación del catalizador depende de la concentración de trióxido de lantano, estableciendo que, a mayor concentración, el tiempo de calcinación es mayor; en general fluctúa entre 6 a 8 horas.

Se ha concluido que la forma de la cápsula de acero sea tubular, tal como muestra en la fig. 6 (e), y se adapte al proceso, previamente protegiendo los monolitos que tienen la forma ovoide, con fibra de vidrio para evitar la fuga de temperatura, al medio ambiente, fig. 6 (b y c) .

VIII. Recomendaciones.

Se recomienda probar con otro tipo de tierra rara con la familia de los actínidos (Ac):

- Los sensores deben estar calibrados cada vez que se utilice.
- Se deben sellar las uniones para que no haya fugas ya que provocaría sesgos en las medidas por pérdida de presión en el sistema.
- El motor debe estar caliente para mantener las condiciones de operación estables.
- El ducto de los gases de salida debe estar fuera del recinto para evitar contaminación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MURRELL.L y TAUSTER.S La luz solar sirve como precursores de alúminas transitorias y estas alúminas sirven como apoyo para micro dominios de CeO₂ y ZrO₂, según la obra de A. Cruce en Catalysis and Automotive Pollution Control, publicada por Elsevier en el año 1991.
- 2- KORYABKINA.N , SHKRABINA.R ,Ushakov.V , Ismagilov.Z , Lausberg.M y Keptein.F , «Study of the catalysis of fuel combustion. XVII. Effect of lanthanum and cerium on structural and mechanical properties of alumina. Kinetics and cat,» Kinetics and catalysis, vol. 38, N° 1, pp. 112-116, 1997.
- 3- SHYU.J , OTTO.K, Watkins.W, Graham.G, Belitz.R y Gandhi.H, «Characterization of Pd/ γ -alumina catalysis containing ceria.,» Journal of Catalysis, vol. 114, N° 1, pp. 23-33, 1988.
- 4- DOMINGUEZ.J, HERNANDEZ.J y Sandoval.G, «Surface and catalytic properties of Al₂O₃-ZrO₂ solid solutions prepared by sol-gel methods.,» Applied Catalysis A: General, vol. 197, N° 1, pp. 119-130, 2000.
- 5- PISARELLO, V. MILT, M.A. PERALTA, C.A. Querini*, E.E. Miró. Simultaneous removal of soot and nitrogen oxides from diesel engine exhaustsM.L. Catalysis Today 75 (2002) 465-470
- 6- S. C. FUNG AND C. A. QUERINI. A Highly Sensitive Detection Method for Temperature Programmed Oxidation of Coke Deposits: Methanation of CO₂ inthe Presence of O₂. JOURNAL OF CATALYSIS 138, 240-254 (1992)
- 7- ILARIA ROSSO, EDOARDO GARRONE, Francesco Geobaldo, Barbara Onida, Guido Saracco, Vito Specchia. Sulphur poisoning of LaMn_{1-x}Mg_xO₃ catalysis for natural gas combustion. Applied Catalysis B: Environmental 30 (2001) 61-73

- 8- I. ROSSO, E. GARRONE, F. Geobaldo, B. Onida, G. Saracco, V. Specchia. Applied Catalysis B. Environmental 30 (2001) 61-73
- 9- Y. ZHANG-STEENWINKEL, H.L. CASTRICUM, J. Beckers, E. Eiser, and A. Bliet. Dielectric heating effects on the activity and SO₂ resistance of La_{0.8}Ce_{0.2}MnO₃ perovskite for methane oxidation. Journal of Catalysis 221 (2004) 523–531. doi:10.1016/j.jcat.2003.09.016
- 10- PISARELLO, V. MILT, M.A. PERALTA, C.A. Querini*, E.E. Miró Simultaneous removal of soot and nitrogen oxides from diesel engine exhaustsM.L. Catalysis Today 75 (2002) 465–470
- 11- LEPEZIN, G. G. & MELENEVSKY, V. N. 1977: On the problem of water diffusion the cordierites. Lithos 10, 49--57. Oslo. ISSN 0167-6369 [https://doi.org/10.1016/0024-4937\(77\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0024-4937(77)90030-5)
- 12- CHARLES A. SORREL. Reaction Sequence and Structural Changes in Cordierite Refractories. JOURNAL American Ceramic Society VOL. 43, NO. 7 (1960) Source: Periódico Tchê Química . 2019, Vol. 16 Issue 31, p517-527. 11p.
- 13- Author(s): CHIRINOS COLLANTES, Hugo David; LAZO CAMPOSANO, Roberto; PEREZ ALARCON, Renzo
- 14- GUEVARA HIDALGO, M, Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina (2010). Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Blog Mecánica y Motores: <https://mecanicaymotores.com/el-convertidor-catalitico.html> (s. f.)
- 15- MAFLA HERNÁNDEZ, C., Estudio del ciclo de vida de los catalizadores en

motores diésel. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte.

- 16-** BUSTAMANTE BETANCUR T. Catalizadores tipo Co-M@SiO₂ (M = Ru, Rh o Pd) para reacciones de hidrogenación de nitroarenos (2020). Facultad de Ciencias Químicas Doctorado en Ciencias con Mención en Química, Universidad de Concepción.
- 17-** Jöns Jacob Berzelius (Östergötland, Suecia, 20 de agosto de 1779 - Estocolmo, 17 de agosto de 1848) fue un médico y químico sueco. Ideó el moderno sistema de notación química, y junto con John Dalton, Antoine Lavoisier y Robert Boyle es considerado el padre de la química moderna. Es reconocido por haber sido el primer analista del siglo XIX.
- 18-** RODRÍGUEZ-VILLAMIZAR, L. ROJAS-ROA, N., Fernández-Niño, J. Short-term joint effects of ambient air pollutants on emergency department visits for respiratory and circulatory diseases in Colombia, 2011–2014 Environmental Pollution (2018). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.028>
- 19-** LEAL, J. ECOEFICIENCIA: marco de análisis, indicadores y experiencias (2005), División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Serie medio ambiente y desarrollo. CEPAL Blog: Blog tiempo la noticia digital ¿Qué es un monolito? (2020). http://www.tiempo.com.mx/noticia/que_es_un_monolito_aqui_te_decimos_informacion_definicion_tipos_de_monolitos_2020/#.
- 20-** ERAZO, A.; MORENO, V; «Optimization process parameters to obtained two-way catalyst La₂O₃/Cu/Al, August 2018, Periodico Tche Quimica 15(30):734-739
DOI:[10.52571/PTQ.v15.n30.2018.734](https://doi.org/10.52571/PTQ.v15.n30.2018.734) Periodico30 pgs 734 739.pdf
- 21-** BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S; Statics for Experimental: An

Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building.

- 22- PORTILLA A., "Los materiales en el control de emisiones contaminantes".
Escuela Politécnica Nacional – Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito
– Ecuador. 2005.

- 23- Newcomb, Sally. With a little help from friends: Pierre-Louis-Antoine Cordier
(1777–1861): 50 years of experimental work on basalt. (2015).

- 24- PARMELEE, C. W., and BALDWIN, G. W. : Tale as body material. Trans.
Ceram. Soc. 15. 532-546 (1913).

- 25- RANKIN, G . A. and MERVIN, H . E. : Ternary system $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$.
Amer. J. Sei. (4 serie) 45, (1918).

- 26- KARJHNAVALA and HUMMEL, F. A.: The polymorphism of Cordierite. J.
Amer. Ceram. Soc. 36 (12), 389-392 (1953).

X. ANEXO:

1. Matriz de consistencia:

“PROCESO DE MEJORA DE LA ECOEFICIENCIA DE LOS CATALIZADORES VEHICULARES QUE UTILIZAN COMBUSTIBLE DERIVADOS DEL PETRÓLEO O BIOMASA”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	METODO
¿Cuál es la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna que utilizan catalizadores impregnados con trióxido de lantano?	Determinación de la ecoeficiencia de los vehículos con motor de combustión interna que utilizan catalizadores impregnados con trióxido de lantano	La ecoeficiencia de los vehículos de quema interna que utilizan catalizadores impregnados con trióxido de lantano es > al 95%	Ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna Dimensiones Reducción de las emisiones de gases contaminantes primarios	Disminución de las emisiones de los gases contaminantes primarios mayor al 95%	Analizador de gases de combustión
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	METODO
¿Como es la influencia de la concentración de trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de ignición interna?	Determinar la influencia de la concentración de trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de ignición interna	La concentración del trióxido de lantano tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de ignición interna	Catalizador impregnado con trióxido de lantano Dimensiones Concentración del trióxido de lantano Tiempo de impregnación del trióxido de lantano Tiempo de calcinado del monolito impregnado Forma de la cápsula	Concentraciones menores a 100 ppm	Experimental
¿Cuál es la influencia del tiempo de impregnación del trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?	Determinar la influencia del tiempo de impregnación del trióxido de lantano en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna	El tiempo de impregnación del trióxido de lantano tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna		Tiempo entre 18 y 24 horas	Experimental
¿Cuál es la influencia del tiempo de calcinado del monolito impregnado en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?	Determinar la influencia del tiempo de calcinado del monolito impregnado en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna	El tiempo de calcinado del monolito impregnado tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna		Entre 8-10 horas a 700°C	Experimental
¿Cuál es la influencia de la forma de la cápsula en la ecoeficiencia de los vehículos de combustión interna?	Conocer la influencia de la forma de la cápsula en la ecoeficiencia de los vehículos de ignición interna	La forma de la cápsula tiene influencia significativa en la ecoeficiencia de los vehículos de ignición interna		Ovoide y >3/4 de litro	Experimental

2. CONSTANCIA: Participación en el XXIX congreso iberoamericano peruano de química del Perú XXIX congreso peruano de química

Congreso Iberoamericano de Química

Congreso Peruano de Química

Octubre 16-19, 2018, Lima, Perú

“La química peruana rumbo al bicentenario”

La Dirección Científica certifica que el trabajo científico:

Nuevos nanodispositivos catalíticos para disminuir la contaminación atmosférica producida por vehículos que utilizan combustibles derivados del petróleo o biomasa: evaluación estadística de las emisiones de los autores:

Hugo Chirinos Collantes, Roberto Lazo Camposano, Renzo Pérez Alarcon

ha sido aceptado al CONGRESO IBEROAMERICANO DE QUÍMICA: 85 AÑOS DE LA SOCIEDAD QUÍMICA DEL PERÚ XXIX CONGRESO PERUANO DE QUÍMICA, a realizarse del 16 al 19 de octubre del año 2018 en la ciudad de Lima, Perú.




Dra. Ana C. Valderrama Negrón
Directora Científica

Lima, 18 de agosto de 2018

3. **CONSTANCIA:** Participación en el Congreso Iberoamericano de Química XXIX Congreso Peruano de Química: bajo la modalidad de póster: Octubre 16 – 19, 2018 Lima Perú

Congreso Iberoamericano de Química

XXIX Congreso Peruano de Química

Octubre 16-19, 2018, Lima, Perú

“La química peruana rumbo al bicentenario”



CONSTANCIA

La Dirección Científica deja constancia que el resumen:

Nuevos nanodispositivos catalíticos para disminuir la contaminación atmosférica producida por vehículos que utilizan combustibles derivados del petróleo o biomasa: evaluación estadística de las emisiones.

ha sido presentado bajo la modalidad de póster por:

CARECE DE VALOR SIN SELLO PERFORADOR Y SELLO DE AGUA.

Hugo Chirinos Collantes, Roberto Lazo Camposano, Renzo Pérez Alarcon.

al Congreso Iberoamericano de Química y XXIX Congreso Peruano de Química realizado en la ciudad de Lima, Perú.

El presente resumen consta en los archivos oficiales que obran en la sede de la Sociedad Química del Perú.



Lima, 17 de octubre de 2018


Dra. Ana Valderrama Negrón
Directora Científica



TESTIGO: QUE ESTA COPIA FOTOSTÁTICA ES EXACTAMENTE IGUAL A SU ORIGINAL, EL CUAL CERTIFICO A LA VISTA, DOY FE.

Calle C. de 24 OCT. 2018




GERMAN NÚÑEZ PALOMINO
NOTARIO DEL CALLAO

4. Programa de presentación de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación : encuentro de ciencia y tecnología de la universidad nacional de ingeniería: 6-7 noviembre 2018





ECITEC
ENCUENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

6 y 7 de noviembre 2018
Centro de Convenciones (LCC)
Av. De La Arqueología # 160, San Borja
<http://ecitec.uni.edu.pe>



NUEVOS NANODISPOSITIVOS CATALÍTICOS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PRODUCIDA POR VEHÍCULOS QUE UTILIZAN COMBUSTIBLES DERIVADOS DEL PETRÓLEO O BIOMASA: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS EMISIONES

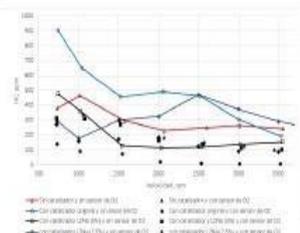
METODOLOGÍA

Se evaluaron estadísticamente los resultados de las emisiones de un motor gasoliner con el nanocatalizador impregnado con Lantano, Zinc y Sodio ($\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$) sobre monolitos cerámicos de cordierita de magnesio ($2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$). Los ensayos se realizaron en el banco de pruebas de combustión del Instituto de Motores de la UNI instalando un motor estático. Los resultados de los ensayos muestran que el porcentaje de emisiones de CO aumentan conforme se incrementa la velocidad del motor llegando a valores del 4%, con el catalizador original del motor (Platino, Paladio y Rodio) siendo que con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, que contiene 5% en peso de Lantano las emisiones de CO son próximos al 2%. Cuando la concentración de Lantano aumenta a 7,5% la eficiencia llega al 7% de remoción de CO y 32% de remoción de HC.



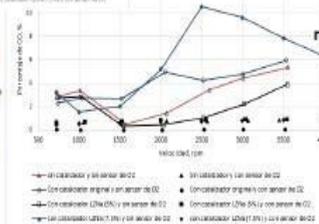
Acondicionamiento y montaje del monolito, impregnado con lantano, dentro de la capsula metálica de acero

instalación de la capsula metálica, conteniendo el monolito cerámico, en el tubo de escape del motor



Resultado de las emisiones de HC del motor NZI gasoliner sin catalizador y con los catalizadores original y el desarrollado en la UNI.

Resultado de las emisiones de CO del motor ANZI gasoliner sin catalizador y con los catalizadores original, catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ al 5% y 7,5% de Lantano



RESULTADOS

La prueba estadística T Student para muestras independientes que compara los resultados del catalizador original y del catalizador con $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, resulta en una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la eficiencia catalítica. Por el contrario cuando el sensor de oxígeno del motor, que regula la admisión de oxígeno a la mezcla, está conectado, el catalizador con $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ se muestra poco eficiente. Por otro lado las emisiones de HC disminuyen llegando a valores próximos a 200ppm que corresponde a la norma EURO III siendo que con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, que contiene 7,5% en peso de Lantano las emisiones de HC llegan a 147ppm demostrando buen desempeño. La próxima etapa es optimizar la metodología de impregnación y realizar ensayos en motores dinámicos lo que implica instalar prototipos del catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ y monitorear las emisiones en vehículos de circulación de Lima Metropolitana y del Callao.

	Original	7.5%
Media	3.95714286	1.92857143
Varianza	1.9462574	1.8351429
Observaciones	7	7
Varianza agrupada	1.8996571	
Grados de libertad	12	
t estadístico	2.7464693	
P(T<=t) una cola	0.9988895	
Valor crítico de t (una cola)	1.788756	
P(T<=t) dos colas	0.0177789	

Prueba estadística T-student y F de los resultados de las emisiones de CO para los dos catalizadores

CONCLUSIONES

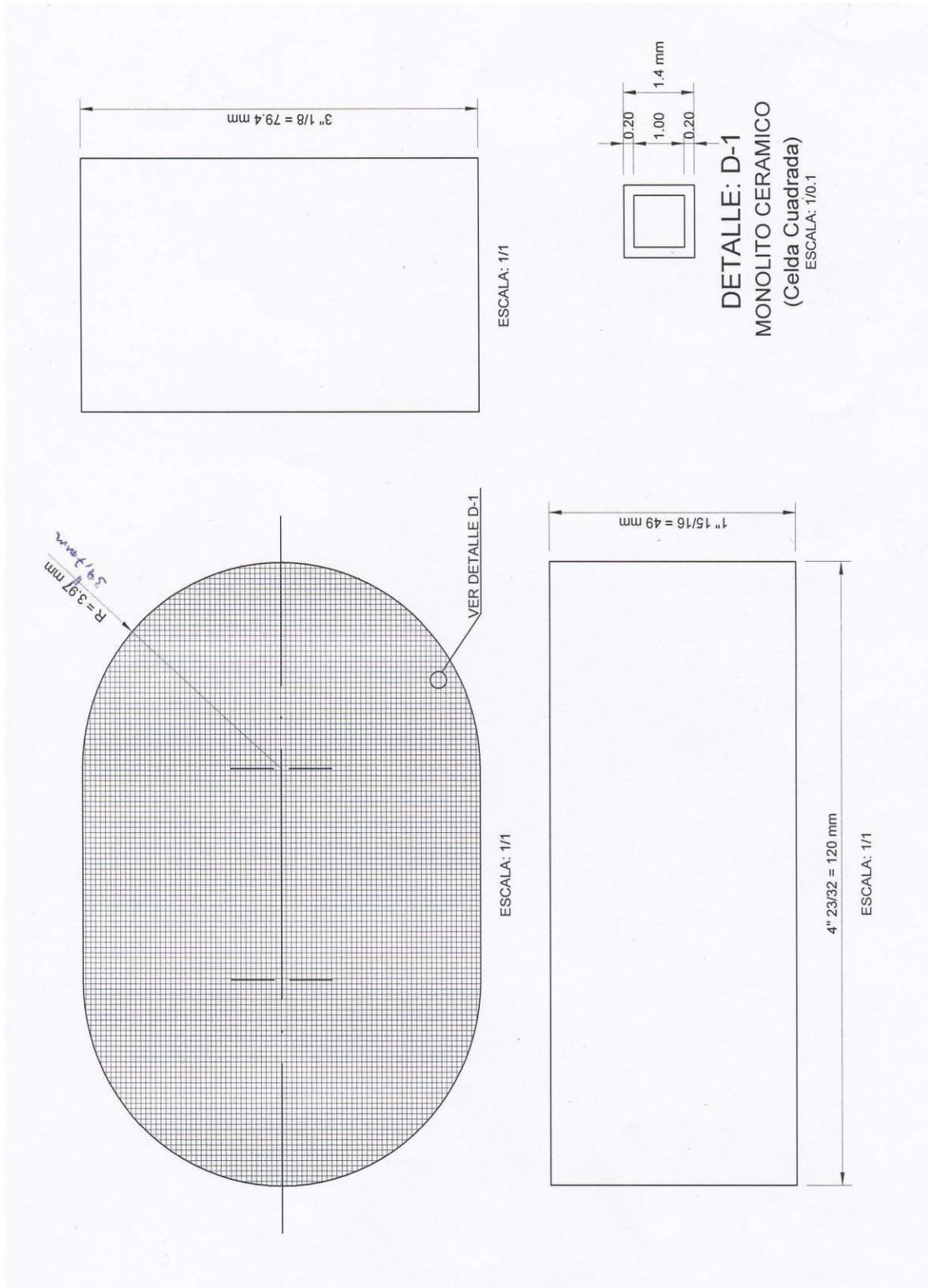
Los resultados muestran que el porcentaje de emisiones de CO aumentan conforme se incrementa la velocidad del motor llegando a valores superiores al 5%, con el catalizador original siendo que con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, que contiene 5% en peso de La las emisiones de CO son próximos al 2%, pero cuando el motor no tiene el sensor de oxígeno. Cuando la concentración de Lantano es de 7,5% la eficiencia llega 7% de remoción de CO y 32% de remoción de HC. La prueba estadística T-student para muestras independientes indica que el catalizador original y con el de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ presentan una diferencia estadísticamente significativa con respecto a la eficiencia catalítica. Por el contrario cuando el sensor de oxígeno está conectado el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$ se muestra poco eficiente. Por otro lado las emisiones de HC disminuyen llegando a valores próximos a 200ppm que corresponde a la norma EURO III siendo que con el catalizador de $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Zn}/\text{Na}$, que contiene 7,5% en peso de Lantano las emisiones de HC llegó a 147ppm lo que demuestra un buen desempeño.



Coordinador general: Dr. Hugo Chirinos Collantes (hdccoll@gmail.com)
Ing. Roberto Lazo Camposano
Renzo Pérez Alarcon



5. DIMENSIONES DEL MONOLITO CERAMICO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES



6. PUBLIBACIÓN DE ARTÍCULO: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS EMISIONES DEL MOTOR GASOLINERO CON CATALIZADOR $La_2O_3/Zn/Na$



AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS EMISSÕES DE MOTORES DE GASOLINA COM CATALISADOR DE $La_2O_3/Zn/Na$ STATISTICAL EVALUATION OF GASOLINE ENGINE EMISSIONS WITH $La_2O_3/Zn/Na$ CATALYST



EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS EMISIONES DEL MOTOR GASOLINERO CON CATALIZADOR $La_2O_3/Zn/Na$

CHIRINOS COLLANTES, Hugo David^{1*}; LAZO CAMPOSANO, Roberto²; PEREZ ALARCON,

Renzo¹

¹ Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, Av Tupac Amaru, 210
Rímac - Perú

² Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química,
Prolongación Santa Rosa, s/n, Bellavista – Callao – Perú

** Autor*

correspondent

e e-mail:

hchirinos@un

i.edu.pe

Received 12 June 2018; received in revised form 02 November 2018; accepted 14 November 2018

**7. CONSTANCIA; COMUNICACIÓN CIENTÍFICA, emitido por el
Instituto de Investigación del Vicerrectorado de Investigación de
la Universidad Nacional del Callao: 2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

El director del Instituto de Investigación del Vicerrectorado de Investigación, hace constar que:

El docente Ing. Roberto Lazo Camposano, ha presentado, transmitido e intercambiado información con la sociedad, erigiendo un mecanismo principal de existencia y desarrollo de la ciencia, en ese sentido se verificó el siguiente listado de artículos científicos publicados con filiación de la Universidad Nacional del Callao publicados, de acuerdo con el siguiente detalle:

TÍTULO	TIPO DE PUBLICACIÓN	CUARTIL	REVISTA/EVENTO	BASE DE DATOS	AÑOS
STATISTICAL EVALUATION OF GASOLINE ENGINE EMISSIONS WITH La203/Zn/Na CATALYST	Artículo de Revista		PERIÓDICO TCHÊ QUÍMICA		2018

A los que este despacho considera darles el visto bueno, para la validez y los trámites que el interesado considere pertinente.


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 Vicerrectorado de Investigación
 Instituto de Investigación

 Dr. SANTIAGO LINDER RUBINOS JIMENEZ
 Director