



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA DE  
CATALIZADORES EN MOTORES DIÉSEL”**

**AUTOR: MAFLA HERNÁNDEZ CRISTIAN  
ARMANDO**

**DIRECTOR: ING. CARLOS MAFLA Msc.**

**IBARRA-ECUADOR**

**2018**

## **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### **CERTIFICO:**

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA DE LOS CATALIZADORES EN MOTORES DIÉSEL” presentado por el señor: Mafla Henández Cristian Armando con el número de cedula 100357153-4, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 21 días del mes de Febrero del 2018

Atentamente



Ing. Carlos Mafla Mcs.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	100357153-4		
APELLIDOS NOMBRES	MAFLA HERNÁNDEZ CRISTIAN ARMANDO		
DIRECCIÓN	Luis Felipe Borja 8-15 y Rafael Miranda		
EMAIL	camaflah@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	062 604 232	TELÉFONO MÓVIL	0988608167
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA DE LOS CATALIZADORES EN MOTORES DIÉSEL		
AUTOR	MAFLA HERNÁNDEZ CRISTIAN ARMANDO		
FECHA	2018/02/ 21		
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PRE GRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO	
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR DIRECTOR	ING. CARLOS MAFLA		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Cristian Armando Mafla Hernández con cédula de identidad Nro. 100357153-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros. Ibarra, a los 21 días del mes de Febrero del 2018.


EL AUTOR:

DR:  
Firma: ... 

**Nombres:** Cristian Armando Mafla Hernández

**Cedula:** 100357153-4

ACEPTACIÓN:

  
Firma: .....

JEFE DE BIBLIOTECA

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **CRISTAN ARMANDO MAFLA HERNÁNDEZ**, con cédula de identidad Nro. 100357153-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA DE LOS CATALIZADORES EN MOTORES DIÉSEL”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 21 días del mes de Febrero del 2018.

**Firma:** .....  


**Nombres:** Cristian Armando Mafla Hernández

**Cedula:** 100357153-4

## CETIFICADO

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor: Cristian Armando Mafla Hernández, como requisito para la obtención del título de Ingeniería en mantenimiento Automotriz.

Atentamente,



Ing. Carlos Mafla Mcs.

---

Ing. Carlos Mafla  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **DEDICATORIA**

Esta tesis dedico en primer lugar a mi hijo Isaac Joel quien es la razón de mi vida y mi inspiración para salir adelante, en segundo lugar, dedico a mi padre Hugo Mafla +, que desde el cielo este orgulloso de este logro que tanto ansiaba lo cumpla su hijo. A mi madre quien supo brindarme su apoyo incondicional, a mis hermanas que siempre han estado cuando más les necesite. A mi novia, Jeniffer que ha sido mi confidente y mi brazo derecho para todas mis decisiones con quien tenemos grandes metas por cumplir.

**Cristian Mafla.**

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir este trabajo, agradezco al Ing. Carlos Mafla, docente y asesor que oriento el camino para la culminación y éxito total de este trabajo y a todas las personas e instituciones afines que de una u otra manera presentaron su valiosa colaboración en la realización de este proyecto, que espero que sirva como guía para aquellos interesados en el área de Mantenimiento Automotriz.

Con énfasis también mi agradecimiento, va dirigido a la Universidad Técnica del Norte, que con entes de aprendizaje y nuevos ideales de vida, supieron hacer de mi una persona de criterio y de liderazgo personal.

**Cristian Mafla.**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b>	VI
<b>AGRADECIMIENTO</b>	VII
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	XI
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	XII
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>ABSTRACT</b>	XVI
<b>CAPÍTULO I</b>	1
1.PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Delimitación	3
1.4.1. Temporal	3
1.4.2. Espacial	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Justificación	4
<b>CAPÍTULO II</b>	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Catalizador en motores diésel	5
2.2. Misión del catalizador	6
2.3. Funcionamiento del catalizador diésel	6
2.4. Ubicación del Catalizador	7
2.5. Tipos de Catalizadores	8
2.5.1. Catalizador oxidante (una vía)	8
2.5.2. Catalizador de Dos Vías	9
2.5.3. Catalizador de Tres Vías	9
2.6. Otros métodos para disminuir las emisiones de gases contaminantes	10
2.6.1. Válvula de recirculación de los gases de escape	11
2.6.2. Sistema de reducción catalítica selectiva (SCR)	11
2.6.3. Filtros antipartículas (DPF)	12
2.7. Características de los componentes químicos de los catalizadores	13
2.7.1. Paladio	13
2.7.2. Platino	13
2.7.3. Rodio	13
2.8. Principales contaminantes atmosféricos producidos por los motores diésel	14
2.8.1. Fuentes fijas	14
2.8.2. Fuentes móviles	14
2.8.3. La combustión en los motores diésel	14
2.9. Factores que influyen en la combustión en los motores diésel	15
2.9.1. Formación de la mezcla aire-combustible	15
2.9.2. Propiedades del combustible	16

2.10. Principales contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos	17
2.10.1. Óxidos de Nitrógeno	17
2.10.2. Monóxido de Carbono	18
2.10.3. Dióxido de Azufre	18
2.10.4. Humos negros	18
2.11. Análisis de falla de los catalizadores	19
2.11.1. Causas de averías que presentan los catalizadores	19
2.11.2. Recomendaciones para evitar deterioro prematuro del catalizador	19
2.11.3. Sistema de inyección	20
2.11.3.1. Bomba de inyección	21
2.12. Efectos de las emisiones de gases de motores diésel	22
2.12.1. Efectos adversos agudos	22
2.12.2. Efectos crónicos adversos	23
2.12.3. Efectos en época pediátrica	23
2.13. Datos estadísticos del parque automotriz en Ibarra	24
2.14. Normativa técnica ecuatoriana INE INEN 2 202:2 000	26
2.15. Norma oficial mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006	26
2.16. Norma oficial mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006	27
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>30</b>
<b>3. PROPUESTA</b>	<b>30</b>
3.1. Diagnóstico del estado del motor	30
3.2. Estado de los cilindros	31
3.3. Estado de pistones	32
3.4. Estado de los cojinetes de biela y bancada	32
3.5. Estado del cigüeñal	33
3.6. Estado del cabezote	33
3.7. Estado del sistema eléctrico	34
3.8. Estado de Sistema de inyección	34
3.8.1. Depósito de combustible	35
3.9. Sistema de refrigeración	35
3.9.1. Radiador y mangueras	35
3.9.2. Ventilador	36
3.9.3. Bujías de precalentamiento	36
3.10. Tablero de instrumentos	37
3.11. Sistema de escape	38
3.11.1. Tipo de tubo	38
3.11.2. Juntas	39
3.11.3. Válvulas de apertura y cierre de paso de gases	40
3.11.4. Catalizador de una vía	40
3.11.5. Catalizador de dos vías	41
3.12. Fallas que presenta el catalizador	41
3.12.1. Pérdida de potencia	41
3.12.2. Niveles de emisiones altos	42
3.12.3. Inestabilidad del motor	42
3.12.4. Mal olor	42
3.12.5. Catalizador quemado	43

3.12.6. Daños presentados en la trayectoria del vehículo	43
3.13. Plan de mantenimiento para prolongar la vida útil del catalizador	44
3.14. Selección del catalizador	45
3.15. Procedimiento de medición	46
3.16. Pruebas de opacidad	47
3.16.1. Pruebas de opacidad sin catalizador	47
3.16.2. Pruebas realizadas con el catalizador de una vía	48
3.16.3. Pruebas realizadas con el catalizador de dos vías	50
<b>CAPÍTULO IV</b>	
4. RESULTADO	52
4.1. Análisis de resultados finales	52
4.2. Comparación de datos con las distintas normas nacionales e internacionales	55
<b>CAPÍTULO V</b>	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
Bibliografía	59
Anexos	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA NUM.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
2.1.	Gases que genera el motor diésel	6
2.2.	Gases emitidos por los motores de combustión interna	7
2.3.	Índices máximos de gases permisibles por los vehículos en Ecuador	16
2.4.	Requisitos para el diésel en motores y uso industrial	16
2.5.	Requisito de diésel con bajo contenido de azufre	17
2.6.	Reacciones químicas producto de una combustión completa	17
2.7.	Vehículos que circulan por la ciudad de Ibarra	25
2.8.	Proyección de Crecimiento Automotor en Ibarra	25
2.9.	Límites máximos opacidad de fuentes móviles con motor diésel	28
2.10.	Normativa Mexicana de emisiones de gases	29
2.11.	Normativa colombiana de porcentaje de opacidad	29
3.1.	Especificaciones Motor Nissan SD22	31
3.2.	Especificaciones del Radiador	36
3.3.	Resultado general sin catalizador	47
3.4.	Resultado general catalizador una vía	49
3.5.	Resultado general catalizador dos vías	50
4.1.	Resultado Finales	52
4.2.	Comparación de resultados	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
2.1.	Catalizador	5
2.2.	Emisiones motores diésel	6
2.3.	Ubicación del Catalizador	7
2.4.	Catalizador Oxidante	8
2.5.	Panal del Catalizador Oxidante	9
2.6.	Catalizador de dos vías	9
2.7.	Esquema del Catalizador de Tres Vías	10
2.8.	Esquemas de recirculación de gases en el motor	11
2.9.	Sistema SCR	12
2.10.	Filtro de partículas DPF	12
2.11.	Combustión del motor diésel	15
2.12.	Partícula de hollín	18
2.13.	Catalizador dañado	19
2.14.	Sistema de inyección diésel	20
2.15.	Bomba de inyección lineal	21
2.16.	Bomba de inyección rotativa	21
2.17.	Ozono O <sub>3</sub>	26
2.18.	Dióxido de Azufre SO <sub>2</sub>	26
2.19.	Dióxido de Nitrógeno NO <sub>2</sub>	27
2.20.	Referencial de vehículos según fabricación	27
3.1.	Motor Nissan SD22	30
3.2.	Cilindros del motor Nissan SD22	31
3.3.	Pistón motor Nissan SD22	32
3.4.	Estado de chaquetas de biela y banca	32
3.5.	Estado del cigueñal	33
3.6.	Parte lateral del cabezote	33
3.7.	Motor de encendido	34
3.8.	Calibración del inyector	34
3.9.	Depósito de combustible	35
3.10.	Radiador motor Nissan SD22	35
3.11.	Ventilador	36
3.12.	Bujía de precalentamiento	37
3.13.	Tablero de instrumentos	37
3.14.	Sistema de escape	38
3.15.	Junta de escape	39
3.16.	Silenciador	39
3.17.	Válvulas de escape	40
3.18.	Catalizador de una vía	40
3.19.	Catalizador de dos vías	41
3.20.	Emisiones excesivas de gases	42
3.21.	Catalizador obstruido	43
3.22.	Catalizador quemado	43

3.23.	Daños en el sistema de escape	44
3.24.	Resultado general sin catalizador	48
3.25.	Resultado general catalizador una vía	49
3.26.	Resultado general catalizador dos vías	51
4.1.	Pruebas realizadas con diferentes factores	54
1.	1ra. Prueba sin catalizador	61
2.	2da. Prueba sin catalizador	62
3.	3ra. Prueba sin catalizador	63
4.	4ta. Prueba sin catalizador	64
5.	5ta. Prueba sin catalizador	65
6.	1ra. Prueba con catalizador de una vía	66
7.	2da. Prueba con catalizador de una vía	67
8.	3ra. Prueba con catalizador de una vía	68
9.	4ta. Prueba con catalizador de una vía	69
10.	5ta. Prueba con catalizador de una vía	70
11.	1ra. Prueba con el catalizador de dos vías	71
12.	2da. Prueba con el catalizador de dos vías	72
13.	3ra. Prueba con el catalizador de dos vías	73
14.	4ta. Prueba con el catalizador de dos vías	74
15.	5ta. Prueba con el catalizador de dos vías	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO NÚM.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
1	1ra. Prueba sin catalizador.	61
2	2da. Prueba sin catalizador.	62
3	3ra. Prueba sin catalizador.	63
4	4ta. Prueba sin catalizador.	64
5	5ta. Prueba sin catalizador.	65
6	1ra. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	66
7	2da. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	67
8	3ra. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	68
9	4ta. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	69
10	5ta. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	70
11	1ra. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	71
12	2da. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	72
13	3ra. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	73
14	4ta. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	74
15	5ta. Prueba opacidad con catalizador de una vía.	75

## RESUMEN

En la actualidad se ha determinado relevantes problemas por causas de contaminación ambiental, siendo uno de ellos el sector automotriz, motivo por el cual los fabricantes de vehículos han tomado cartas en el asunto desarrollando nuevas tecnologías que permitan disminuir el impacto ambiental. Es así que se crea un dispositivo de gran importancia y ayuda para contribuir con el medio ambiente y el bienestar del ser humano denominándole catalizador. El catalizador es un componente elaborado de materiales cerámicos con incrustaciones de paladio y platino que oxidan al monóxido de carbono CO y a los hidrocarburos HC convirtiéndolos en dióxido de carbono y vapor de agua H<sub>2</sub>O, es decir, los gases ricos de las emisiones de escape se transforman en gases menos tóxicos para la humanidad, evitando un sin número de enfermedades y fuertes contaminaciones ambientales, después de las pruebas de opacidad realizadas en el motor Nissan SD22, de las cuales se obtuvieron diferentes resultados, denotando gran diferencia entre el uso del catalizador y los tipos de los mismos. Para la implementación de un catalizador se debe tomar en cuenta los diversos factores para su correcto funcionamiento como son la cilindrada, tipo de motor y la carga que será sometido. El catalizador es un dispositivo costoso ya que cuenta con materiales preciosos en su composición, por lo que se debe tener sumo cuidado para prolongar la vida útil, siendo así que es necesario realizar una inspección del estado del motor como también llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo del motor. Siendo así que el catalizador puede disminuir en un 40% las emisiones contaminantes al medio ambiente.



## **ABSTRACT**

At present, significant problems have been identified due to environmental pollution, one of them being the automotive sector, which is why vehicle manufacturers have taken action in the matter by developing new technologies that reduce the environmental impact. Thus, a device of great importance and help is created to contribute to the environment and the well-being of the human being, calling it a catalyst. The catalyst is an elaborate component of ceramic materials with palladium and platinum inlays that oxidize carbon monoxide CO and hydrocarbons HC converting them into carbon dioxide and H<sub>2</sub>O water vapor, that is, the gases rich in the exhaust emissions are transformed in less toxic gases for humanity, avoiding a number of diseases and strong environmental pollution, after the opacity tests carried out on the Nissan SD22 engine, from which different results were obtained, denoting a great difference between the use of the catalyst and the types of them. For the implementation of a catalyst must take into account the various factors for its proper functioning such as displacement, type of engine and the load that will be subjected. The catalyst is an expensive device because it has precious materials in its composition, so great care must be taken to prolong the useful life, being that it is necessary to perform an inspection of the state of the engine as well as carry out a plan of preventive maintenance of the engine. Thus, the catalyst can reduce emissions to the environment by 40%.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Antecedentes.

En toda la historia de los vehículos no se ha tenido en consideración la peligrosidad que conlleva el computo de todas las emisiones contaminantes a la atmósfera que provoca el transporte de vehículos hasta no hace mucho. Todo empezó en Los Ángeles, a finales de los años 60 cuando se disparó la compra de vehículos para uso privado, generándose el problema del smog fotoquímico debido a la ingente cantidad de gases emitidos a la atmósfera. A razón de ello se indagaría en la investigación de nuevas tecnologías para la reducción de las emisiones atmosféricas producidas por el tráfico de vehículos. (Fundación vida sostenible, 2015, pág. 25).

En el año 1992 se impone a todos los fabricantes de vehículos europeos, someterse a la normativa Euro 1 que obligaba a reducir las emisiones tanto a vehículos diésel como gasolina. Para ello se implementó un componente (un catalizador) en el tramo intermedio del tubo de escape, cuya función era reducir y transformar los gases de combustión del coche. El mecanismo utilizado es reacciones REDOX (reducción-oxidación), donde en una primera parte, los dióxidos de nitrógeno se convierten en nitrógeno molecular (reducción), y en la segunda parte los hidrocarburos no quemados y el monóxido de carbono, se convierten en dióxido de carbono y agua (oxidación). El catalizador está formado por cerámicas y metales preciosos que favorecen junto a las altas temperaturas que alcanza el catalizador (400°C), las reacciones REDOX. (Fundación vida sostenible, 2015, pág. 27).

En la ciudad de Ibarra, el parque automotriz de vehículos motor diésel ha aumentado notoriamente en los últimos años, con lo cual la contaminación ambiental es un gran problema en el cual las autoridades locales deben tomar cartas en el asunto.

Los fabricantes de vehículos en un intento por dar solución al grave problema que es la contaminación han desarrollado una serie de diversos sistemas, dando lugar a la investigación y desarrollo que implica para su buen funcionamiento,

mantenimiento y reemplazo de los catalizadores, con la inclusión del catalizador se ha reducido notoriamente las emisiones de gases nocivos, contribuyendo a la mejor calidad de vida de la sociedad.

En la actualidad el sector automotriz es uno de los principales causantes de contaminación ambiental, por aquello, se ha visto la necesidad de crear agencias de protección ambiental tales como la E.P.A (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) y la C.A.R.B.(Junta de Recursos del Aire de California), las mismas que han determinado normas que obligan a las empresas fabricantes de vehículos a que implementen sistemas que reduzcan la contaminación, como son el catalizador, para reducir gases nocivos. (Agencia de Protección Ambiental, 2014, pág. 6).

“Ibarra está muy atrasada, en Quito se monitorea constantemente la calidad del aire. Jorge Álvarez, de Fundación Natura, mostró las cifras que exhibe actualmente la contaminación en Quito. Los automóviles son responsables del 70% de las emisiones tóxicas de la ciudad y el 30% restante corresponde a la industria quiteña. La opción frente a esto fue el programa de revisión vehicular. Álvarez se muestra optimista, cree que para el 2018 se logrará reducir en un 25% las emisiones contaminantes de los vehículos. En Ibarra no existe ni siquiera datos para empezar un plan, a pesar de que circulan 19 mil automotores y en el centro de la ciudad transitan 9 mil diarios. Esa cifra aumenta vertiginosamente cada año.” (Carlos Herrera, 2017, pág. 18)

## **1.2 Planteamiento del problema.**

Uno de los problemas que aqueja a la ciudad de San Miguel de Ibarra es el gran crecimiento de la densidad poblacional y la contaminación ambiental producida por los vehículos en este caso motores a diésel, causando como consecuencia enfermedades respiratorias temporales como mortales a los ciudadanos de la localidad, por lo que es de gran importancia asumir este problema de manera consiente y eficaz. Los gases que afectan a la salud son: partículas de hollín o material particulado, hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno.

### **1.3 Formulación del problema.**

¿Cuál es el ciclo de vida de los catalizadores?

Con la preocupación del notorio aumento de la contaminación provocada por los vehículos diésel y la inexistencia de una normativa ambiental que permita que los propietarios realicen mejoras para que sus vehículos puedan circular por las vías de la ciudad y del país.

### **1.4 Delimitación.**

#### **1.4.1 Temporal.**

Este proyecto se llevará a cabo desde el mes de Octubre del 2016 hasta el mes de Diciembre del 2017.

#### **1.4.2 Espacial.**

Este proyecto se llevará a cabo en los talleres de “Multiescapes Aragón” de la ciudad de Ibarra.

### **1.5 Objetivos.**

#### **1.5.1 Objetivo General.**

Estudiar el ciclo de vida de catalizadores en motores diésel.

#### **1.5.2 Objetivos Específicos.**

- Analizar el funcionamiento de los catalizadores.
- Proponer mejoras para optimizar el ciclo de vida de catalizadores.
- Implementar los sistemas de catalización en el motor diésel Nissan SD22.
- Análizar la opacidad con y sin Sistema de catalización.

### **1.6 Justificación.**

Con la elaboración de este proyecto se dará a conocer cuál es el funcionamiento del catalizador en motores diésel, con el cual se pretende disminuir notablemente los gases tóxicos que son residuo de la combustión.

Dar a conocer sobre la importancia, elección y mantenimiento del catalizador a los propietarios de automotores diésel para contribuir con el medio ambiente y vivir en un entorno libre de humo, pero esto funcionará con la concientización de sus propietarios en el cantón Ibarra, ya que este tema es desconocido en la población, tanto por desinterés como falta de comunicación.

El Proyecto se basa en el objetivo Nro.7 del Plan Nacional del Buen Vivir el cual nos dice: garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global; prevenir y mitigar la contaminación ambiental, como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, continúa siendo sumamente importante para garantizar el derecho humano a vivir en un ambiente sano, pilar fundamental en la sociedad del Buen Vivir (SENPLADES, 2013-2017, pág. 27).

El Ilustre Municipio de Ibarra en conjunto con la Unidad de Control Ambiental, es el primer interesado en realizar un estudio sobre la contaminación del aire por emisiones gaseosas, en procura de mantener un ambiente limpio para los habitantes y aplicar la ordenanza tendente al control inmediato de las fuentes contaminantes que existen en la ciudad. (UTN, 2015, pág. 3).

Ibarra se sitúa en segunda posición con 9 microgramos de PM 2,5 pero contabilizó 18 microgramos de PM 10. Esto último hizo la diferencia con la primera ciudad: Salvador de Bahía. Registró 9 microgramos de PM 2,5 por metro cúbico, pero 17 microgramos de PM10. (Vinicio Arguello, 2014, pág. 13).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Catalizador en motores diésel

En la figura 2.1, se observa el catalizador es un dispositivo por lo general de forma circular que se acopla en el tubo de escape cerca del colector para mantener una elevada temperatura, alcanzando entre 400 y 700<sup>0</sup> C con la cual trabaja eficientemente (Orbe, 2014, pág. 5), elaborado con materiales cerámicos cuya cubierta es de platino y rodio en cuyo interior se efectúan una serie de reacciones químicas, contribuyendo de gran forma a la reducción de los gases tóxicos producto de la combustión que se genera en el motor.



**Figura 2.1.** Catalizador

Fuente: (Ingeniería AutoAdvance, 2013, pág. 45)

Los motores diésel los principales contaminantes son las partículas de hollín o material particulado y los óxidos de nitrógeno, el desarrollo de materiales catalíticos activos para la eliminación de gases contaminantes, ha sido motivo de intenso trabajo de investigación en los últimos años. Según (Méndez, 2015, pág. 46), con la ayuda de este dispositivo se puede reducir en una gran proporción la salida de los siguientes gases que son tóxicos para el ser humano y medio ambiente, en la tabla 2.1, se observa los gases que emite el motor y los gases que son el producto de la catálisis, lo que se estudiará posteriormente:

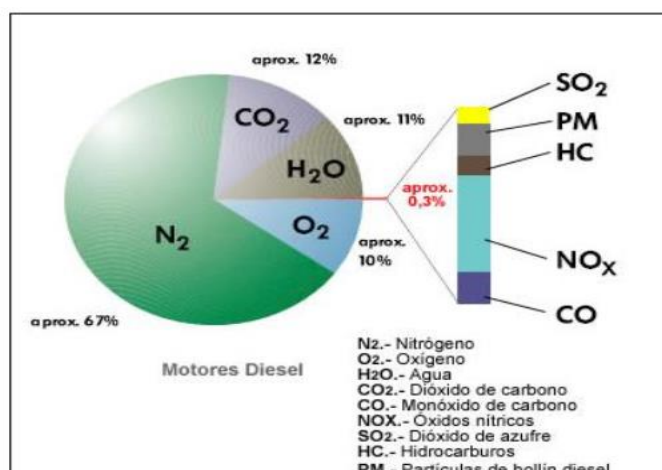
**Tabla 2.1.** Gases que genera el motor diésel

Gas	Fórmula química
Monóxido de carbono	CO
Agua	H <sub>2</sub> O
Hidrógeno	H
Oxígeno	O
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>
Oxidos de nitrógeno	NO <sub>x</sub>
Hidrocarburos	HC
Hollín	PM10 PM2.5

Fuente: (Méndez, 2015, pág. 47)

## 2.2. Misión del catalizador

En la figura 2.2, se observa la misión del catalizador es disminuir notoriamente las partículas contaminantes que se generan por los gases de escape en los motores de los vehículos diésel, atacando a los gases perjudiciales para el ser humano y el medio ambiente, transformándolos en gases inofensivos y agua.



**Figura 2.2.** Emisiones motores diésel

Fuente: (Ortiz, 2014, pág. 19)

## 2.3. Funcionamiento del catalizador diésel

En la tabla 2.2, se observa los gases de la combustión ingresan al catalizador donde se realiza el proceso de catálisis, este debe estar a una temperatura elevada

superior a los 400°C para su correcto funcionamiento y diferencia de datos de porcentajes de componentes tóxicos entre motores diésel y gasolina, la capacidad de absorción de un catalizador está determinada por el tipo de estructura cristalina y los electrones libres en su última capa es por esto que el platino y paladio son catalizadores por excelencia.

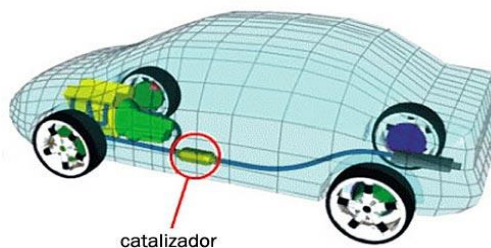
**Tabla 2.2.** Gases emitidos por los motores de combustión interna

Componentes tóxicos	Motores diésel	Motores gasolina
Monóxido de carbono. %	0.5	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.45	0.15
Hidrocarburos. %	0.04	0.4
Dióxido de azufre.%	0.04	0.007
Hollín. mg/l	0.03	0.05

Fuente: (Méndez, 2015, pág. 52)

#### 2.4. Ubicación del Catalizador

En la figura 2.3, se muestra el catalizador se ubica después del colector de escape debido a que la temperatura adecuada de trabajo es alta superior a los 400°C y así se pueda realizar el proceso químico con mayor facilidad, la distancia entre el motor y el catalizador no es específica esto depende del fabricante y al tipo de catalizador que se vaya a emplear, en algunos casos se encuentra al terminar el múltiple de escape y otros en la mitad del tubo de escape.



**Figura 2.3.** Ubicación del catalizador

Fuente: (Motorboxes, 2013, pág. 14)



## 2.5. Tipos de Catalizadores

Los catalizadores se clasifican en tres grupos dependiendo su estructura:

- Oxidante.
- De dos vías.
- De tres vías.

### 2.5.1. Catalizador oxidante (una vía)

En la figura 2.4, se muestra que el catalizador es el más sencillo, está conformado por un solo cuerpo cerámico, en donde están incrustados elementos catalíticos como platino y paladio, donde se realiza la reacción química que permite la oxidación de monóxido de carbono CO y de los hidrocarburos HC, transformándolos en dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y vapor de agua H<sub>2</sub>O (Calleja, 2015, pág. 42). Su armazón es elaborado de acero inoxidable el cual previene la corrosión y su estructura es robusta para soportar golpes que presente en la parte inferior el automotor.



**Figura 2.4.** Catalizador oxidante

Fuente: (Calleja, 2015, pág. 42)

En la figura 2.5, se muestra la parte interna del catalizador teniendo un promedio de 200 celdas por pulgada cuadrada en forma transversal con un valor promedio de 5 nm a 10 nm muy similar a un panal de abejas por donde circulan los gases de escape. El tamaño del catalizador depende del cilindraje del motor en el cual va a ser empleado. (Calleja, 2015, pág. 43).

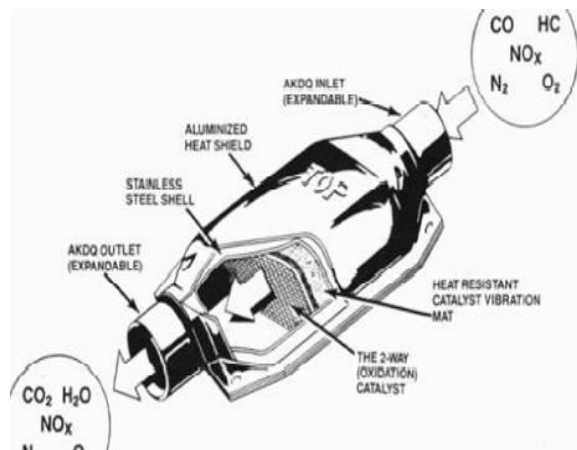


**Figura 2.5.** Panal del Catalizador Oxidante

Fuente: (Megoboy, 2014, pág. 23)

### 2.5.2. Catalizador de Dos Vías

En la figura 2.6, se observa el catalizador de dos vías que trabaja de la misma forma que el catalizador oxidante con la diferencia que tiene una cámara de aire intermedia entre los dos cuerpos del catalizador, el producto de la combustión que son CO, HC Y NO<sub>x</sub>; ingresan al catalizador y este las transforma en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, pero el NO<sub>x</sub> no es atacado ya que este no cuenta con rodio. En otras palabras, son unos dos catalizadores oxidantes. (Crouse, 1993, pág. 53).



**Figura 2.6.** Catalizador de dos vías

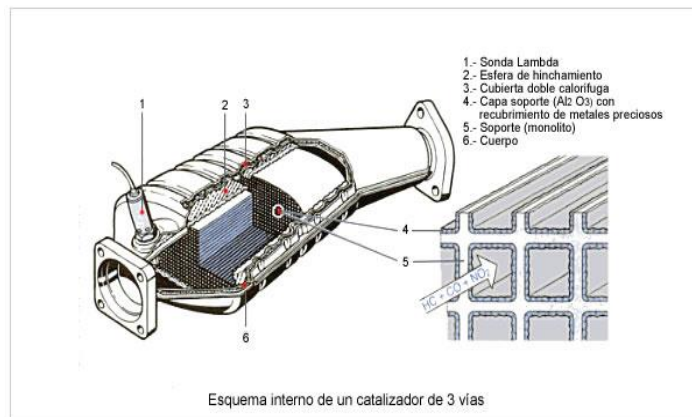
Fuente: (Méndez, 2015, pág. 60)

### 2.5.3. Catalizador de Tres Vías

En la figura 2.7, se observa según (Flores, 2005, pág. 35), los catalizadores más completos a diferencia del catalizador de una vía y dos vías este tiene impregnado un componente más que es el rodio, ya que son la evolución de los anteriores,

siendo así el catalizador más eficiente, seguro y fiable, reducen los gases más nocivos que son:

- ❖ Monóxido de carbono CO.
- ❖ Hidrocarburos HC.
- ❖ Óxidos de Nitrógeno.



**Figura 2.7.** Esquema del Catalizador de tres vías

Fuente: (Flores, 2005, pág. 34)

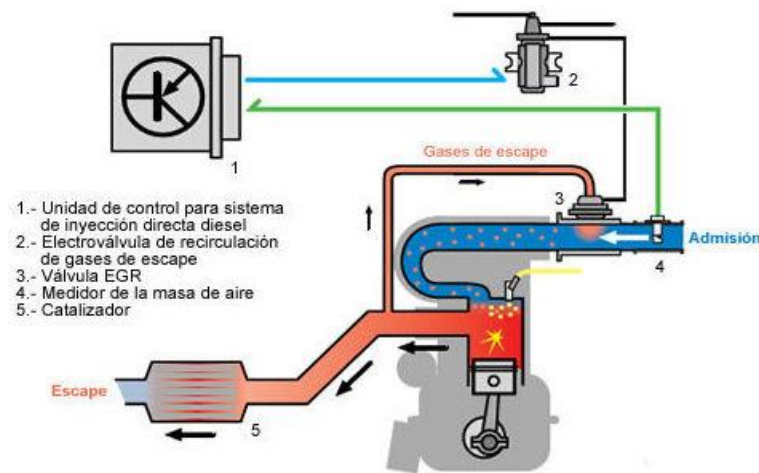
El Rodio Rh disminuye las emisiones de óxido de nitrógeno NO<sub>x</sub>, oxidándole y transformándole solo en nitrógeno que es un componente del aire. Los efectos de los componentes químicos de los catalizadores tiene efectos secundarios como es el caso del paladio que producen irritación de la piel, los ojos y el sistema respiratorio. (Ortiz, 2014, pág. 55). Por otro lado, algunos diseños de catalizadores generan formaciones de ácido sulfúrico, responsable del mal olor de las emisiones y desagradables para los usuarios de vehículo, se produce a partir de la formulación de metales empleados en el diseño del catalizador, incorporando retardadores de la reacción de formación del ácido sulfúrico.

## **2.6. Otros métodos para disminuir las emisiones de gases contaminantes de los motores diésel**

Los fabricantes de los vehículos para ir adecuándose a las normativas, no solo de la UE, han ido desarrollando diferentes tecnologías para “limpiar” los gases de escape resultantes de la combustión. Cada una de las cuales con sus ventajas e inconvenientes.

### 2.6.1. Válvula de recirculación de los gases de escape

En la figura 2.8, se muestra el funcionamiento de la válvula de recirculación de gases de escape comúnmente conocida como EGR, que lo que hace básicamente es forzar que parte de los gases quemados (entre un 5 y un 10%) vuelvan a ser mezclados con combustible y aire limpio. Esto se hace para bajar la temperatura en la cámara de combustión y así reducir la formación de NOx entre un 40 y un 50%. El inconveniente, por el cual muchos propietarios de motores diésel las desactivan o no las arreglan, es que ensucian el motor. (Universidad de Alicante, 2013, pág. 23).



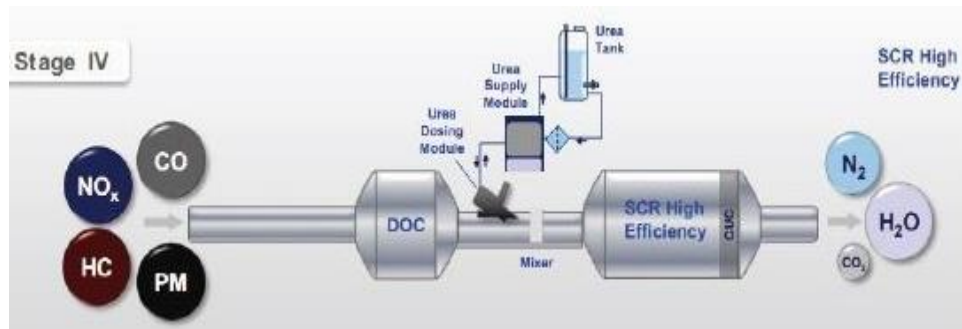
**Figura 2.8.** Esquemas de recirculación de gases de escape en el motor

Fuente: (Universidad de Alicante, 2013, pág. 23)

### 2.6.2. Sistema de reducción catalítica selectiva (SCR)

En la figura 2.9, se muestra el Sistema SCR, este sistema funciona de manera muy similar a los catalizadores de oxidación pero utiliza un agente exterior para catalizar y reducir los NOx a nitrógeno y agua, que son inocuos. La reducción catalítica selectiva utiliza amoníaco (en forma de urea comercialmente llamada AdBlue) que se suministra en dosis pequeñas. Esto requiere de un sistema de vigilancia cuidadosa, dado que la cantidad de urea debe ajustarse con precisión a la cantidad de NOx. Si esto no se vigila adecuadamente, se expulsara el exceso de amoníaco, el cual es toxico. La urea se suministra desde un tanque en el propio vehículo que debe rellenarse cada cierto tiempo, se estima que el coste en urea ronda los 30

euros anuales. La reducción catalítica selectiva reduce las emisiones de NOx entre un 75% y un 90%. (Universidad de Alicante, 2013, pág. 23).

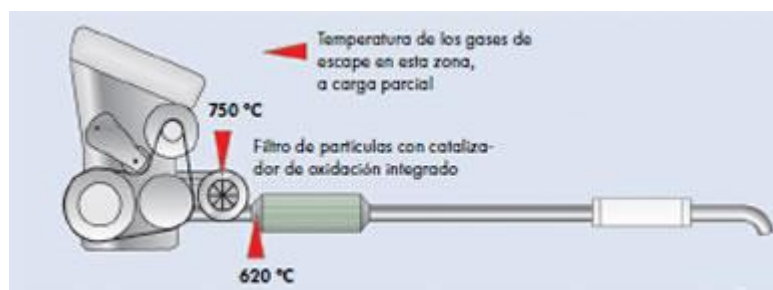


**Figura 2.9.** Sistema SCR

Fuente: (Universidad de Alicante, 2013, pág. 24)

### 2.6.3. Filtros antipartículas (DPF)

En la figura 2.10, se muestra el filtro antipartículas que capturan partículas y después las oxidan. Los hay de dos tipos, difieren en la forma en que oxidan las partículas. En un filtro pasivo, se utiliza un catalizador que reduce la temperatura necesaria para que los gases de escape oxiden la materia. En un sistema activo, las partículas se oxidan debido al calor, tan pronto como el filtro se llena. El calor se suministra de fuentes externas, como un calentador eléctrico. Actualmente, un modelo común consiste en combinar un DOC y un DPF en un único elemento. Este modelo puede reducir los hidrocarburos, el monóxido de carbono y las partículas en un 90%. El inconveniente de estos filtros es que muchas veces acaban taponándose y los propietarios al ver el coste muchas veces deciden simplemente no repararlo eliminándolo. (Universidad de Alicante, 2013, pág. 24)



**Figura 2.10.** Filtro de partículas DPF

Fuente: (Universidad de Alicante, 2013, pág. 25)

## **2.7. Características de los componentes químicos de los catalizadores**

Para entender con mayor facilidad el funcionamiento de un catalizador analizaremos cada uno de los componentes químicos con los cuales son fabricados:

### **2.7.1. Paladio.**

Elemento químico, símbolo Pd, número atómico 46 y peso atómico 106.4. Es un metal blanco y muy dúctil semejante al platino, al que sigue en abundancia e importancia. El paladio soportado sobre carbono o alúmina se emplea como catalizador en ciertos procesos químicos en que intervienen reacciones de hidrogenación en fase líquida y gaseosa. Todos los compuestos del paladio deben ser considerados como altamente tóxicos y carcinógenos. (Lenntech, 2017, pág. 48).

### **2.7.2. Platino.**

Es un metal noble blanco, blando y dúctil. Los metales del grupo del platino (platino, paladio, iridio, rodio, osmio y rutenio) se encuentran ampliamente distribuidos sobre la tierra, pero su dilución extrema imposibilita su recuperación, excepto en circunstancias especiales. Los metales del grupo del platino se utilizan mucho en el campo de la química a causa de su actividad catalítica y de su baja reactividad. Como catalizador, el platino se emplea en las reacciones de hidrogenación, deshidrogenación, isomerización, ciclización, deshidratación, deshalogenación y oxidación. La aplicación del platino en productos metálicos no es conocido que cause muchos problemas ambientales. (Lenntech, 2017, pág. 48).

### **2.7.3. Rodio.**

Elemento químico, de símbolo Rh, de número atómico 45 y peso atómico 102.905. El rodio es un metal blanco, duro, considerablemente menos dúctil que el platino o el paladio, pero mucho más dúctil que cualquier otro metal de este grupo. Se usa principalmente como un elemento de aleación para el platino. Es un excelente catalizador para la hidrogenación y es activo en la reformación catalítica de

hidrocarburos. El rodio se emplea también en aplicaciones para contactos eléctricos. Todos los compuestos del rodio deben ser considerados como altamente tóxicos y carcinógenos. Los compuestos del rodio manchan la piel fuertemente. (Lenntech, 2017, pág. 49).

## **2.8. Principales contaminantes atmosféricos producidos por los motores diésel**

La contaminación atmosférica es la principal causa de dispersión de enfermedades, teniendo como los gases más perjudiciales para la salud y el medio ambiente a:

- Ozono
- Óxidos de azufre y nitrógeno.
- Monóxido de carbono.
- Dióxido de carbono.
- Compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos.

Todos estos gases son producidos por fuentes fijas y fuentes móviles.

### **2.8.1. Fuentes fijas**

Se clasifican en fuentes puntuales y fuentes aéreas:

Fuentes puntuales. - Son el resultado de las actividades industriales.

Fuentes aéreas. - Son las actividades y procesos como: tratamiento de aguas residuales, rellenos sanitarios entre otros.

### **2.8.2. Fuentes móviles**

En este tipo de fuente tenemos a todo tipo de máquina estática o vehículo que cuenta con un motor de combustión interna que generen gases a la atmósfera.

### **2.8.3. La combustión en los motores diésel**

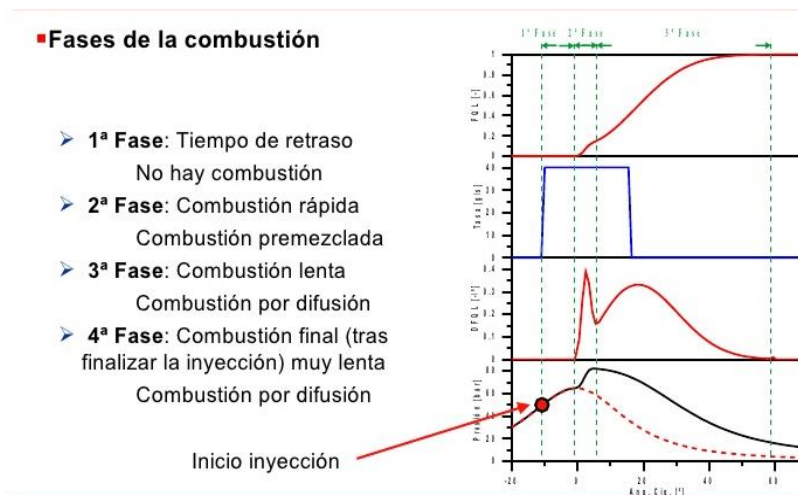
La combustión de los motores diésel inicia el momento que el pistón desciende y la válvula de admisión se abre, permitiendo el ingreso de aire al cilindro, a continuación, se cierra la válvula de admisión y el pistón sube al PMS, justo antes es inyectado combustible pulverizado, con lo cual se genera la expansión producto

de la presión, temperatura y combustible que son combinados en el cilindro. (Calleja, 2015, pág. 47).

## 2.9. Factores que influyen en la combustión en los motores diésel

Los factores que influyen en la combustión de un motor diésel es la temperatura del aire que alcanza cuando comprime el cilindro es tan alta que cuando inyecta el diésel pulverizado y a presión hace la explosión sin ayuda de bujía. Para conseguirlo se necesita que el índice de compresión sea muy alto para que se caliente el aire que comprime y que la inyección del gasoil lo haga en su punto.

En la figura 2.11, se observa el proceso que da lugar a la combustión en los diferentes tipos de fases con su respectiva interpretación.



**Figura 2.11.** Combustión del motor diésel

Fuente: (Paladines, 2014, pág. 14)

### 2.9.1. Formación de la mezcla aire-combustible

La inflamación en los motores diésel es muy difícil, por lo que se debe ingresar una mayor cantidad de aire y así conseguir una mezcla homogénea. Si la entrada de aire es menor se genera mayor hollín producido porque no se realizó una combustión perfecta. En la tabla 2.3, se detalla los gases emitidos y sus niveles máximos permisibles. Se debe tomar en cuenta los factores que intervienen en la combustión de los motores diésel como son formación de la mezcla aire-combustible, transcurso de la combustión, propiedades del combustible.



**Tabla 2.3.** Índices máximos de gases permisibles por los vehículos en Ecuador

Contaminante emitido	Fuentes existentes	Fuentes nuevas	Unidades
Partículas totales	350	150	mg/m <sup>3</sup>
Óxidos de nitrógeno	2300	2000	mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de azufre	1500	1500	mg/m <sup>3</sup>

Fuente: (Bosh, 2003, pág. 81)

### 2.9.2. Propiedades del combustible

Las propiedades del combustible en el Ecuador según las Normas INEN en el estudio de motores diésel, nos muestran las siguientes especificaciones en la tabla 2.4 y 2.5, que detalla cuales son los requisitos que debe presentar el combustible(diésel). Para un correcto funcionamiento de todos los sistemas del motor para lograr una mayor eficiencia y a su vez alargar la vida útil del catalizador.

**Tabla 2.4.** Requisitos para el diésel en motores y uso industrial

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	C	51	-	NTE INEN 1047
Agua y sedimento	% en vol.	-	0.05	NTE INEN 1494
Residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de destilación	%en peso	-	0.15	NTE INEN 1491
Cenizas	%en peso	-	0.01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 37.8C	cST	2.5	6	NTE INEN 810
Azufre	%en peso	-	0.7	NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	-	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45		NTE INEN 1495

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2002, pág. 15)

En la tabla 2.5, se demuestra que el combustible utilizado en los automotores debe poseer un bajo contenido de azufre y alta velocidad para obtener un óptimo funcionamiento del motor y bajas emisiones de gases contaminantes.

**Tabla 2.5.** Requisito de diésel con bajo contenido de azufre.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	C	51	-	NTE INEN 1047
Agua y sedimento	% en vol.	-	0.05	NTE INEN 1494
Residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de destilación	% en peso	-	0.15	NTE INEN 1491
Cenizas	% en peso	-	0.01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 37.8C	cST	2.5	6	NTE INEN 810
Azufre	% en peso	-	0.05	NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	-	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45		NTE INEN 1495

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2002, pág. 16)

## 2.10. Principales contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos

Los principales gases producto de la combustión son: dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y vapor de agua, sus reacciones químicas son detalladas a continuación:

**Tabla 2.6.** Reacciones químicas producto de una combustión completa

$C+O_2=CO_2$
$CO+1/2O_2=CO_2$
$H_2+1/2O_2=H_2O$
$S+O_2=SO_2$
$SH_2+3/2O_2=SO_2+H_2O$
$C_nH_m+(m/4+n)O_2=nCO_2+m/2$

Fuente: (Bosh, 2003, pág. 84)

### 2.10.1. Óxidos de Nitrógeno

Se forma a partir del aire que contiene nitrógeno. Es ingresado a presión al motor en el momento de la admisión, la presión y temperatura oxida al nitrógeno formándose el NOx. (Bosh, 2003, pág. 86).

### 2.10.2. Monóxido de Carbono

Es un inodoro, incoloro e insípido, Se le considera como un hidrocarburo parcialmente quemado, producto de una mezcla muy rica o pobre. Todo artefacto

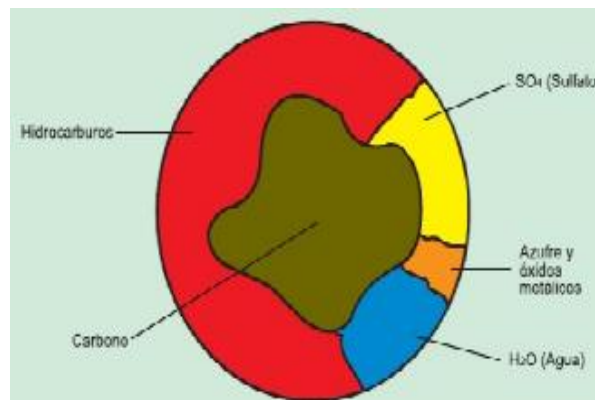
usado para quemar algún combustible puede producir monóxido de carbono si no está asegurada la llegada de oxígeno suficiente al quemador. El respirar durante 30 minutos un aire que contenga 0.3% de volumen de monóxido de carbono CO es mortal. (Franco, 2000, pág. 36).

### 2.10.3. Dióxido de Azufre

Es el resultado de las impurezas que contiene el combustible, se une al aire húmedo con mayor facilidad, con la presencia de óxidos en el azufre se forma el dióxido de azufre, es el principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico. Es liberado en muchos procesos de combustión ya que los combustibles como el carbón, el petróleo, el diésel o el gas natural contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados. (Franco, 2000, pág. 37).

### 2.10.4. Humos negros

En la figura 2.12, se observa una partícula de hollín, la mezcla que ingresa al interior del cilindro no es totalmente quemada en algunas zonas del cilindro, se produce una destilación en seco de los hidrocarburos, también estos gases se producen cuando el motor está en mal estado o la calibración de combustible no es la adecuada. El humo negro no es otra cosa que carbón vaporizado cuando el combustible está caliente y no tiene suficiente oxígeno para la combustión. Como el diésel es básicamente aceite, las fugas o los inyectores tapados hacen que el motor inyecte más combustible de lo necesario y por ende se produce el humo (Guerrero, 2011, pág. 55).



**Figura 2.12.** Partícula de hollín

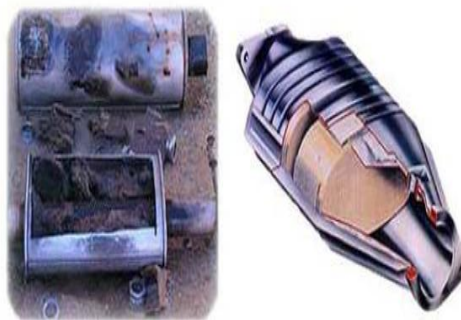
Fuente: (Guerrero, 2011, pág. 55)

## 2.11. Análisis de falla de los catalizadores

### 2.11.1. Causas de averías que presentan los catalizadores

Las causas más comunes de averías que reducen el tiempo de vida útil de los catalizadores, en la figura 2.13, se muestra las averías que presenta a continuación se mencionan las siguientes:

- Mala puesta a punto del motor
- Combustible sin quemar está ingresando al catalizador.
- Calidad del diésel.
- Aceite ingresa al catalizador.
- Sensor de oxígeno dañado
- Rotura de soporte o golpes en el catalizador.



**Figura 2.13.** Catalizador dañado

Fuente: (Bosh, 2003, pág. 16)

### 2.11.2. Recomendaciones para evitar deterioro prematuro del catalizador.

El catalizador es un componente frágil y de un costo elevado por lo que es necesario tener las siguientes precauciones con el fin de precautelar su buen funcionamiento.

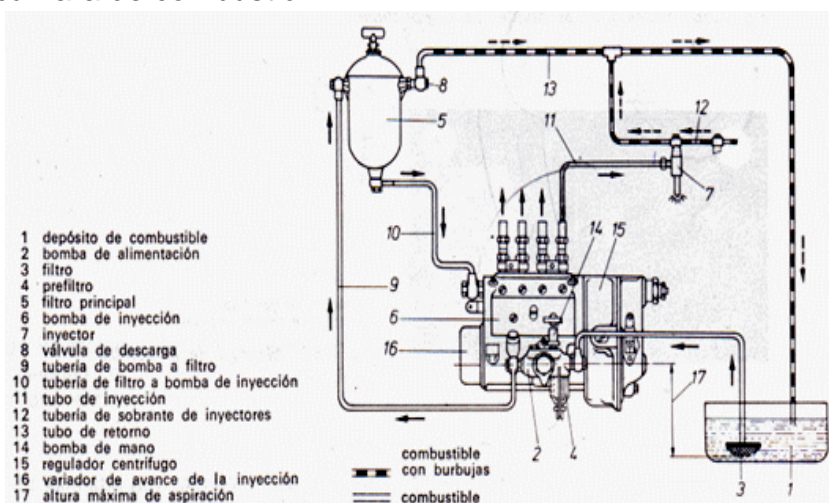
- Evitar subidas o desniveles que golpee al catalizador.
- Calentar el vehículo por lo menos 10 min antes de partir.
- Proveer con un combustible de buena calidad para reducir las emisiones de gases.

- Realizar mantenimientos periódicos al motor para que este en óptimo funcionamiento.
- Cambio oportuno de aceite de motor.

### 2.11.3. Sistema de inyección.

En los motores de encendido por compresión (diésel), la combustión se produce cuando, el combustible que se inyecta en estado líquido, pasa a estado casi gaseoso, disgregado por medio de los inyectores y mezclándose con el aire para utilizar todo el oxígeno necesario. Tras este fenómeno, la combustión se genera en puntos localizados de la cámara de combustión por autoencendido. En la figura 2.14, se observa el correcto funcionamiento del motor, la cantidad de diésel debe ser la exacta y esta debe ser inyectada en el momento preciso para la adecuada combustión (Crouse, 1993, pág. 78). Existen varios factores que influyen en el momento de la inyección del combustible tales como:

- Pulverizar la correcta cantidad de combustible, de acuerdo a la carga que se le esté aplicando al motor.
- Inyectar el combustible en el momento preciso, para así evitar una mala combustión, lo que conlleva a una gran cantidad de residuos post combustión.
- Incrementar la presión de 1500 a 2000 bares.
- Mezclar de forma homogénea el combustible con el aire caliente en el interior de la cámara de combustión.



**Figura 2.14.** Sistema de inyección diésel

Fuente: (Imperial, 2000, pág. 65)

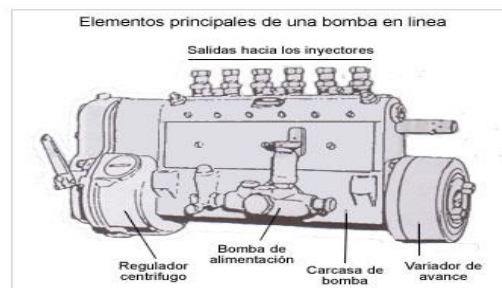
### 2.11.3.1. Bomba de inyección

Existen dos tipos de bombas de inyección:

Bomba lineal. Fueron las más utilizadas en la época de los 60, su constitución es robusta y esto ha ido afectando a su uso debido al peso y tamaño que presentan, otro gran inconveniente es su límite de revoluciones, por lo cual son empleadas en vehículos pesados. (Imperial, 2000, pág. 67).

Funcionamiento. La bomba en línea tiene tres fases para su correcto funcionamiento: fase de llenado, fase de inyección y fase de alivio.

En la figura 2.15, se muestra un esquema general y sus componentes principales de la bomba de inyección lineal.

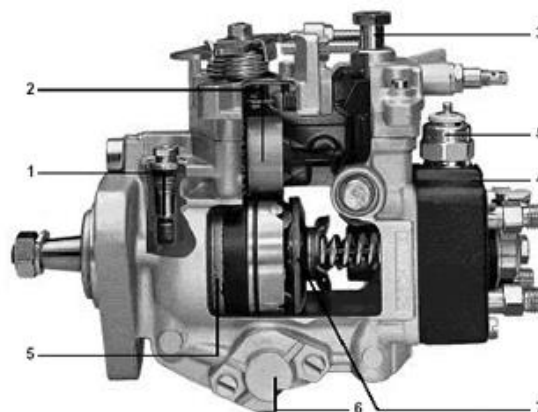


**Figura 2.15.** Bomba de inyección lineal.

Fuente: (Imperial, 2000, pág. 67)

Bombas rotativas. Cumple la misma función que la bomba lineal, tienen mayor aplicación en automotores livianos y de baja cilindrada por su alto régimen de revoluciones. En este tipo de bomba se reemplaza algunos mecanismos de bombeo de combustible (Imperial, 2000, pág. 69).

En la figura 2.16, se muestra el esquema general y los componentes principales de la bomba de inyección rotativa



**Figura 2.16.** Bomba de inyección rotativa

Fuente: (Imperial, 2000, pág. 69)

Componentes de una bomba VE:

- 1.- Válvula reguladora de presión en el interior de la bomba.
- 2.- Grupo regulador del caudal de combustible a inyectar.
- 3.- Estrangulador de rebose (retorno a depósito).
- 4.- Cabezal hidráulico y bomba de alta presión.
- 5.- Bomba de alimentación de aletas.
- 6.- Variador de avance a la inyección.
- 7.- Disco de levas.
- 8.- Válvula electromagnética de parada

## **2.12. Efectos de las emisiones de gases de motores diésel**

Estudios epidemiológicos humanos han sido elaborados para analizar los efectos que produce las emisiones diésel, aunque estas tengan una gran complejidad de ser interpretadas, debido a que encontramos factores cambiantes como: complejidad química intrínseca de las emisiones diésel, variabilidad de las concentraciones de cada sustancia emitida en función del motor, antigüedad, desgaste, condiciones geográficas de conducción, grado de aceleración. (Fundación vida sostenible, 2015, pág. 71).

A pesar de todas estas variantes se han realizados estudios a personas expuestas a emisiones diésel, con lo que se ha podido clasificar a las enfermedades según su severidad en:

### **2.12.1. Efectos adversos agudos**

Efectos agudos se entiende como de corto plazo, en altas concentraciones de emisiones diésel pueden incidir en irritación ocular, nasal y faríngea, así como también inflamación en las vías respiratoria y pulmonar, podemos incluir enfermedades alérgicas e inmunológicas. Las emisiones diésel contienen diversos irritantes de la mucosa conjuntival y respiratoria en las fases de gas y particulada (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, aldehídos, etc.) La exposición aguda además de las irritaciones descritas previamente (conjuntivitis, rinitis y faringitis), también ocasiona otros síntomas respiratorios (tos, expectoración, disfonía, etc.) y neurofisiológicos como

cefalalgia, mareos, náuseas, vómitos y parestesias de las extremidades. Estos síntomas han sido descritos tanto en trabajadores como en estudios clínicos de humanos expuestos de forma aguda a altas concentraciones de las emisiones diésel. (Fundación vida sostenible, 2015, pág. 72)

### **2.12.2. Efectos crónicos adversos**

#### Efectos cancerígenos

La instilación intratraqueal de los compuestos particulados, de sus extractos orgánicos y de las partículas de carbono sin HPA, ocasionan un incremento de los tumores pulmonares. La implantación directa de sustancias particuladas conteniendo un mínimo de 4-7 moléculas de HPA, también incrementa los cánceres pulmonares. (Fundación vida sostenible, 2015, pág. 73)

### **2.12.3. Efectos en época pediátrica**

Por consiguiente, las emisiones diésel pueden influir en las patologías asociadas a la contaminación atmosférica como conjuntivitis, cefalalgias, rinosinusitis, faringolaringitis, traqueo bronquitis, asma y otras alergias respiratorias, enfermedades pulmonares reactivas, enfermedades cardiovasculares y cáncer broncopulmonar. Los niños que viven en zonas urbanas densamente contaminadas tienen mayores posibilidades de no alcanzar la capacidad pulmonar prevista, presentar envejecimiento pulmonar prematuro e incrementar el riesgo de bronquitis y asma. El humo diésel contiene más de 40 sustancias calificadas de contaminantes del aire peligrosas por la EPA. 15 de esas sustancias están identificadas como cancerígenas para los humanos por la International Agency for Research on Cancer (IARC). Algunas de estas sustancias son: acetaldehído, compuestos de antimonio, arsénico, benceno, compuestos de berilio, dioxinas y dibencenofuranos, formaldehído, plomo inorgánico, compuestos de mercurio y estireno. (Valtueña, 2002, pág. 36)

La exposición a la materia particulada diésel (PM) es un riesgo para la salud, particularmente para los niños, porque sus pulmones están en desarrollo, y para los ancianos ya que puede sumarse a otros problemas de salud.



En la evaluación se incluyó el siguiente desglose de las muertes atribuidas a enfermedades específicas, lo que pone de relieve que la gran mayoría de las muertes vinculadas a la contaminación atmosférica se deben a enfermedades cardiovasculares:

Muertes debidas a la contaminación atmosférica – desglose por enfermedad:

- 40% – cardiopatía isquémica;
- 40% – accidente cerebrovascular;
- 11% – neumopatía obstructiva crónica;
- 6% - cáncer de pulmón; y
- 3% – infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños.

Muertes debidas a la contaminación del aire de interiores – desglose por enfermedad:

- 34% - accidente cerebrovascular;
- 26% - cardiopatía isquémica;
- 22% - neumopatía obstructiva crónica;
- 12% - infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños; y
- 6% - cáncer de pulmón.

Aproximadamente un 90% de la contaminación de una ciudad no industrial proviene de los gases de combustión de los automotores. Los óxidos de nitrógeno están siempre presentes en cualquier tipo de combustión, independientemente del combustible utilizado (nafta, gasoil, GNC, leña, carbón), por lo tanto pueden ser tomados como indicativos del grado de contaminación atmosférica urbana. (Vasquez, 2015-2023, pág. 63).

### **2.13. Datos estadísticos del parque automotriz en Ibarra**

En la tabla 2.7, se indica los resultados del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) en la ciudad de Ibarra, según la Dirección Nacional de Tránsito al 2011, muestran un tráfico total de entrada y salida de 25 137 vehículos diarios en la Panamericana Sur, 20 617 vehículos diarios en la Panamericana Norte, 4 309 vehículos diarios en Urcuquí y 1 350 vehículos diarios en Caranqui.

**Tabla 2.7.** Vehículos que circulan por la ciudad de Ibarra

<b>Estaciones</b>	<b>Número de Vehículos</b>
Florida	25 137
Puente Los Molinos	20 017
Milagro	4 039
Caranqui	1 350
Total	50 543

Fuente: (Dirección Nacional de Tránsito de Imbabura, 2011, pág. 19)

En la tabla 2.8, se demuestra que la cantidad de crecimiento del parque automotor de la ciudad de San Miguel de Ibarra es del 11% anual (tasa de crecimiento vehicular al 2010 dada por la Comisión de Tránsito de Imbabura). Los volúmenes clasificados de tráfico muestran que el 77,37% de los vehículos que entran y salen de la ciudad de Ibarra son livianos, el 12,76% corresponde a buses de 2 y 3 ejes y el 9,88% a camiones de 2 hasta 6 ejes, teniendo un alto crecimiento vehicular en relación a la superficie de la ciudad. (GAD Ibarra, 2013, pág. 21)).

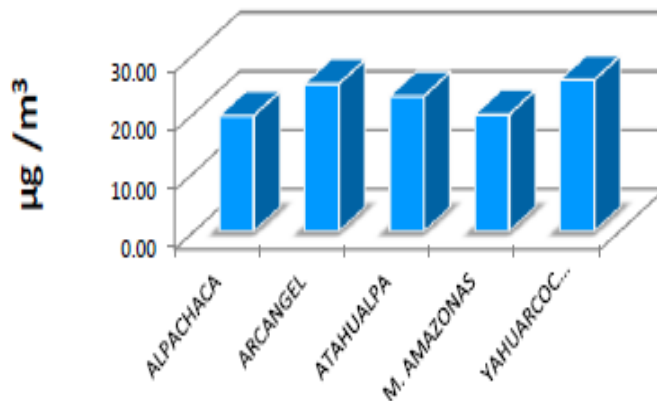
**Tabla 2.8.** Proyección de Crecimiento Automotor en Ibarra

<b>Año</b>	<b>Número de Vehículos</b>
2013	62 274
2014	69 124
2015	76 728
2016	85 168

Fuente: (Dirección Nacional de Tránsito de Imbabura, 2011, pág. 21)

En Ibarra, se han determinado cinco lugares que tienen diferentes características ambientales y de presencia de actividades antrópicas, estos lugares o puntos referenciales para el monitoreo son: mercado Amazonas, sector la Candelaria, hospital de IESS, altos de San Miguel Arcángel y muelle de Yahuarcocha. En cada punto referencia se ha muestreado Ozono (O3), Dióxido de azufre (SO2), Dióxido de nitrógeno (NO2) y Benceno (Betex), que son gases altamente tóxicos para la salud y el medio ambiente en general. Los resultados se muestran en los siguientes gráficos.

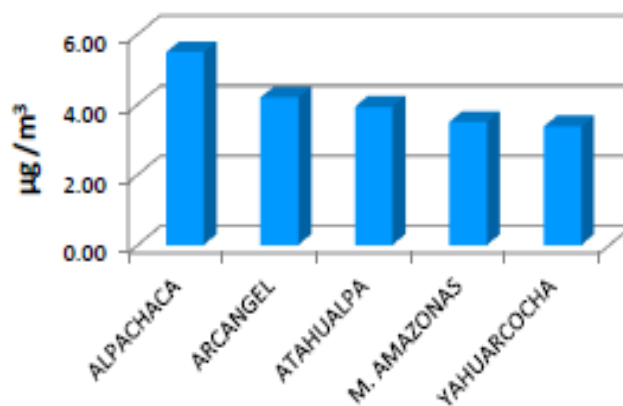
En la figura 2.17, se muestran datos en los que se detallan el nivel de Ozono que se produce en varios sectores de la ciudad de Ibarra, siendo así, que Yahuarcocha y el Arcángel son los lugares más concurridos por ser lugares turísticos emblemáticos tanto locales como nacionales, por lo que se dice que se produce de 20 a 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{O}_3$ .



**Figura 2.17.** Ozono  $\text{O}_3$

Fuente: (Municipalidad de Ibarra, 2015, pág. 26)

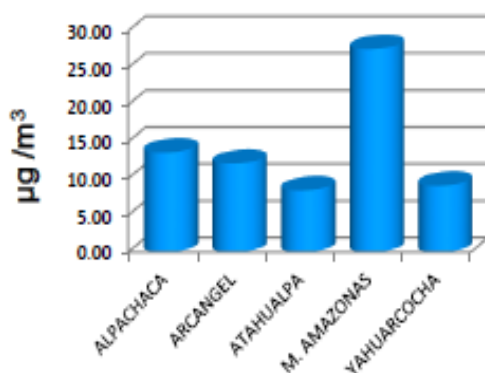
En la figura 2.18, se determina que en Alpachaca y el Arcángel son los sectores donde se produce una contaminación debido a la alta producción de Dióxido de Azufre que en otros sectores de la ciudad de Ibarra, ya que existe la presencia masiva de las líneas de buses y vehículos en malas condiciones debido al índice de pobreza que afectan a estos lugares.



**Figura 2.18.** Dióxido de Azufre  $\text{SO}_2$

Fuente: (Municipalidad de Ibarra, 2015, pág. 27)

En la figura 2.19, se muestran datos en los que se detallan el nivel de Dióxido de Nitrógeno que se produce en varios sectores de la ciudad de Ibarra, siendo así, que el Mercado Amazonas es el lugar más concurrido por lo que se dice que se produce de 26 a 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$ .

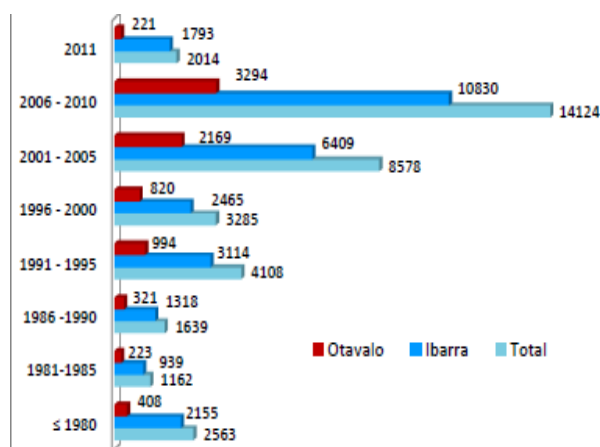


**Figura 2.19.** Dióxido de Nitrógeno  $\text{NO}_2$

Fuente: (Municipalidad de Ibarra, 2015, pág. 29).

Se demuestra que la contaminación atmosférica constituye uno de los principales problemas ambientales en la ciudad de Ibarra, sin embargo, no se puede hablar de un grado de contaminación sobre los niveles permisibles.

En la figura 2.20, se indica que resulta importante señalar que los registros nos permiten conocer que existe una gran cantidad de vehículos que tiene más de veinte años respecto a su año de fabricación, los mismos que por el deterioro de sus motores y su sistema de inyección son los que más contaminan.



**Figura 2.20.** Referencial de vehículos según fabricación

Fuente: (Municipalidad de Ibarra, 2015, pág. 30)

## 2.14. Normativa técnica ecuatoriana INE INEN 2 202:2 000

Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los procedimientos para el control de las emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, con el fin de proteger la vida y la salud humana, animal y vegetal, y al ambiente, sin perjuicio de la eficiencia de los vehículos automotores de acuerdo a la gestión ambiental ecuatoriana, establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de diésel mostrados a continuación en la tabla 2.9. Requisitos máximos de opacidad de humos para fuentes móviles de diésel. Prueba de aceleración libre. Toda fuente móvil con motor de diésel, en condición de aceleración libre, no podrá descargar al aire humos en cantidades superiores a las indicadas.

**Tabla 2.9.** Límites máximos opacidad de fuentes móviles con motor diésel

Año	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Fuentes: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2002, pág. 103)

## 2.15. Norma oficial mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006

El objetivo de la Norma Oficial mexicana es el de establecer los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes de hidrocarburos (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), partículas (Part) y opacidad del humo proveniente del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos; así como provenientes del escape de unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores, en la tabla 2.10, se indica los límites máximos de opacidad permisibles en México.

**Tabla 2.10.** Normativa Mexicana de emisiones de gases

Estándar	Método de Prueba	Nox g/bhp-hr	Part g/bhp-hr	HCNM+Nox g/bhp-hr	Opacidad %		
					Aceleración	Arrastre	Pico
A	CT	4	1.3	No aplica	20	15	50
B	CT y CSE	No aplica	No aplica	2.4 o 2.5 siempre y cuando los HCNM sean menor a 0.5			

Fuente: (Departamento Ambiental, 2006, pág. 71)

Estándar A. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevas producidos en el año 2006 y hasta junio de 2008, obtenidos con el método de prueba Ciclo Transitorio (CT) descrito.

Estándar B. Límites máximos permisibles para motores y/o unidades nuevas producidos a partir de julio de 2008 y hasta junio de 2011, obtenidos con los métodos de prueba Ciclo Transitorio (CT) y Ciclo Suplementario Estable (CSE) descritos.

## 2.16. Normativa colombiana Resolución 0910 de 2008

En la tabla 2.11, se determina la resolución que establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres, reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional, y se adoptan otras disposiciones.

**Tabla 2.11.** Normativa colombiana de porcentaje de opacidad

Año modelo	Opacidad %
1970 y anteriores	50
1971-1984	45
1985-1997	40
1998 posterior	35

Fuente: (Ministerio Ambiental, 2008, pág. 203)

## CAPÍTULO III

### 3. PROPUESTA

#### 3.1 Diagnóstico del estado del motor

El motor Nissan SD-22 como se muestra en la figura 3.1, el cual permaneció en los talleres de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte, el mismo que ha sido recibido para su reconstrucción, con el propósito de rehabilitarlo para usarlo como material didáctico para los estudiantes de niveles inferiores de la carrera y sea un tema de estudio de análisis de emisiones de escape en las aulas.



**Figura 3.1.** Motor Nissan SD22

Se procedió a realizar una inspección visual del motor y se realizó el giro del cigüeñal lo cual no se pudo por el estado interno del motor por lo que era necesario realizar un despiece del mismo y se determinó que para su funcionamiento le hacían falta varios elementos esenciales tales como: radiador, ventilador, mangueras del radiador, polea de la bomba de agua, bujías de precalentamiento; sistema eléctrico como: alternador, cableado, tablero de instrumentos, sistema de escape, base de filtro de combustible, filtros de aire y combustible, entre otros elementos, para ello se debía investigar sobre las características técnicas de motor, por lo que se elaboró la tabla 3.1, para la adquisición de repuestos pertinentes para su rehabilitación y funcionamiento.

**Tabla 3.1.** Especificaciones Motor Nissan SD22

<b>Modelo de motor.</b>	SD22
Posición de cilindros.	En línea
Número de cilindros.	4
Posición de las válvulas.	O.H.V
Número de válvulas	8
Diámetro x carrera. (cm)	8,3 x 10
Cilindrada. (cm <sup>3</sup> )	2 164
Orden de encendido.	1-3-4-2
Número de anillos de pistón.	3 compresión
	2 aceite
Relación de compresión.	20.8 : 1
Potencia	65hp@3 200 r.p.m
Torque Nm/rpm máx.	190/2700
Tipo de combustible	Diésel

Fuente: (NISSAN, 1982, pág. 86)

### 3.2. Estado de los cilindros

Una vez desmontados todos los mecanismos del bloque motor como: culata, cárter, cigüeñal, conjunto bielas-pistones como se muestra en la figura 3.2, se procedió a un análisis exhaustivo para determinar el estado de los cilindros, comparando el estado entre cada uno de los cilindros mediante un reloj comprobador obteniendo así un mínimo desgaste, se concluye que es recomendable pulir los cilindros para eliminar cualquier tipo de imperfección en la superficie y que la holgura entre el pistón y el cilindro sea menor de 0.09mm.



**Figura 3.2.** Cilindros del motor Nissan SD22



### 3.3. Estado de Pistones

El tipo de pistón es de tipo cabeza plana y un rin de aceite por debajo del bulón en la falda del pistón como se muestra en la figura 3.3, analizando la superficie o falda del pistón no se observó mayor desgaste, la holgura que tenía los rines o anillos en los canales del pistón eran normal, por lo que se determinó volver armar sin ninguna novedad.



**Figura 3.3.** Pistón motor Nissan SD22

### 3.4. Estado de los cojinetes de biela y bancada

Una vez desmontado el cárter y posterior despiece de las tapas de biela se determinó que los cojinetes tenían un desgaste excesivo. Así se procedió a retirar todas las tapas de biela, analizando que el desgaste es similar, además se determinó que la causa es falta de presión de aceite figura 24. Teniendo como referencia que la presión de trabajo es de 50 PSI en ralentí.

En la figura 3.4, se analizó el sistema de lubricación, empezando por la bomba de aceite, a esta se le reviso que tenga presión y que su superficie de trabajo no presente desgaste ni grietas, avanzando por el circuito se observó que el filtro de aceite presentaba una capa gruesa de aceite en su interior, lo que no permitía el paso del lubricante, razón por la cual fue el desgaste excesivo de las chaquetas y posterior fue la obstrucción de presión de aceite en el filtro de aceite.



**Figura 3.4.** Estado de chaquetas de biela y bancada

### 3.5. Estado del cigüeñal

Una vez desmontado todo el sistema que fija al cigüeñal en el motor como se muestra en la figura 3.5, se procedió a retirarlo para ser analizado. Se realizó la prueba en los codos de biela teniendo como medida promedio 61.1mm con lo que permite la colocación de cojinetes nuevos std y así sucesivamente con los de bancada con una medida promedio de 73.08mm, con lo que de igual manera se sustituyó por cojinetes nuevos std, dando un margen de diferencia aceptable entre las holguras.



**Figura 3.5.** Estado del cigüeñal

### 3.6. Estado del cabezote

El cabezote después de haber realizado las pruebas pertinentes, tanto en superficies, teniendo como tolerancia máxima permitida de 0.10 mm, como en sus componentes fijos y móviles, no se encontró ningún inconveniente, sus válvulas, guías y asientos de válvulas presentaron un mínimo desgaste en las superficies como se muestra en la figura 3.6, se determinó no realizar ningún trabajo en esta parte del motor.



**Figura 3.6.** Parte lateral del cabezote

### 3.7. Estado del sistema eléctrico

El motor presentaba varias falencias en este sistema debido a su obsolescencia, el único componente que poseía fue el motor de arranque el cual necesitaba una reparación íntegra.

Motor de arranque. Es el original de fabrica del motor Nissan como se muestra en la figura 3.7, presentó daños en el bendix y horquilla del piñón, dando lugar a una reparación.



**Figura 3.7.** Motor de encendido

### 3.8. Estado de Sistema de inyección

Después de una inspección visual, se comparó las piezas con el manual del fabricante, con lo cual se determinó que hacían falta varios componentes esenciales como: base del filtro de combustible, filtro de combustible, bombín.

Se procedió al desmontaje de inyectores los cuales presentaron serios daños en sus componentes internos, lo cual se debía corregir y calibrar para poner a punto el motor. La calibración que el fabricante recomienda es de 10,297 kPa o 103 bar como se indica en la figura 3.8.



**Figura 3.8.** Calibración del inyector

### 3.8.1. Depósito de combustible

Es el encargado de almacenar el combustible como se muestra en la figura 3.9, que es necesario para la combustión en el motor. Para la maqueta didáctica se escogió un envase de dos galones, debido al espacio reducido y a que el motor es estacionario, el material que está elaborado es de plástico resistente.



**Figura 3.9.** Depósito de combustible

### 3.9. Sistema de refrigeración

Este sistema se encontraba incompleto, ya que sus componentes eran solamente bomba de agua y conductos de refrigeración.

#### 3.9.1. Radiador y mangueras

El radiador como se muestra en la figura 3.10, es el intercambiador de calor el cual cuenta con panales para evacuar la temperatura del refrigerante producida por la combustión del motor, para controlar que ese calor no dañe al motor es necesario mantenerlo refrigerado y el radiador cumple esa función. El radiador se encuentra en la parte delantera del motor y carga de líquido refrigerante que circulara por dentro del motor, el líquido refrigerante cuando pasa por el radiador recibe el aire del exterior.



**Figura 3.10.** Radiador motor Nissan SD22

Para la selección de estos componentes se tomó en cuenta los datos del fabricante y de piezas compatibles teniendo como resultado la tabla 3.2, donde se detalla específicamente las características físicas del radiador.

**Tabla 3.2.** Especificaciones del Radiador

Características del radiador	
Forma de intercambiar el calor	Conducción
Dimensiones	460x665 mm
Material	Plástico- Aluminio
Capacidad de refrigerante	7 litros
Tipo de refrigerante	Agua

### 3.9.2. Ventilador

El ventilador figura 3.11, indica que posee las mismas características que el fabricante nos recomienda, teniendo en cuenta las dimensiones de la polea de la bomba de agua, para así proporcionar el caudal de aire necesario para mantener la temperatura inferior a los 98°C en el radiador.



**Figura 3.11.** Ventilador

### 3.9.3. Bujías de precalentamiento

Las bujías de precalentamiento como se indica en la figura 3.12, fueron reemplazadas ya que al realizar la prueba de continuidad dieron como resultado que su resistencia esta con rotura en todas las bujías y las nuevas con una resistencia de 1.3 ohmios. La selección de las nuevas bujías se realizó teniendo en cuenta el diámetro y tipo de rosca del orificio del cabezote, además de la distancia del elemento calefactor.



**Figura 3.12.** Bujía de precalentamiento

### 3.10. Tablero de instrumentos

Los componentes principales para el correcto uso del motor como se observa en la figura 3.13, son:

- Manómetro de presión de aceite.
- Manómetro de temperatura del refrigerante.
- Manómetro de carga de la batería.
- Interruptor de bujías de precalentamiento.
- Luz testigo de contacto.
- Luz testigo de precalentamiento de bujías.
- Swicht.



**Figura 3.13.** Tablero de instrumentos

El manómetro de presión de aceite nos advierte si la bomba está trabajando en el rango adecuado, el manómetro de temperatura indica a que temperatura está el líquido refrigerante en este caso es de 98°C, el voltímetro indica si el alternador está cargando a la batería, el voltaje debe superar los 13 voltios con el motor encendido, el interruptor de las bujías de precalentamiento permite en funcionamiento para que cuando el motor se encuentre frío caliente el cilindro y el

motor pueda realizar la combustión, la luz testigo de contacto indica en qué posición está el switch, las luz testigo de las bujías de precalentamiento indica si al accionar el interruptor de las bujías estas estén realizando su trabajo.

### **3.11. Sistema de escape**

Es el conjunto de componentes tales como: colector, tubería, silenciador, juntas de unión, catalizador, en algunos casos sensor de oxígeno que son acoplados entre sí que permiten de evacuar los gases de escape producto de la combustión como se muestra en la figura 3.14. En el sistema de escape se realizará las pruebas pertinentes de porcentaje de opacidad con las cuales se obtendrá los resultados para llegar a una conclusión acerca del uso y cual tipo es el recomendable de catalizador en el motor diésel.



**Figura 3.14.** Sistema de escape

#### **3.11.1. Tipo de tubo.**

El tubo es el encargado de evacuar los gases producto de la combustión que genera el motor. Para la correcta elección de tubo de escape hay que tomar en cuenta dos aspectos muy importantes:

- Si es demasiado libre, el motor aumenta su potencia y esto a su vez la temperatura del motor, consecuentemente el consumo de combustible.
- Si es demasiado obstruido, el motor denota que le falta potencia.

El tipo de tubo a escoger es un tubo de acero inoxidable el mismo que asegura su durabilidad y resistencia. El diámetro de tubo elegido fue 46mm con un espesor de 2mm.

### 3.11.2. Juntas.

La función de estas juntas es mantener la estanquidad, para evitar fugas de gases y que las pruebas sean lo más veraces posibles como se observa en la figura 3.15, las características de estas juntas es soportar altas temperaturas y altas presiones. Los materiales más comunes para la elaboración de estos componentes son metal blando y asbesto, requieren rebordeos de metal, siempre se ven reforzados con láminas de metal para resistir el movimiento de los componentes que resulta de las grandes fluctuaciones de temperatura. Las modernas junta de colector de escape están fabricadas de acero de múltiples capas (MLS) sin recubrimiento.



**Figura 3.15.** Junta de escape

### 3.11.3. Silenciador.

El silenciador como se observa en la figura 3.16, como su nombre lo dice es el encargado de disminuir el sonido que produce el motor generado por la combustión teniendo. El silenciador es una cámara atravesada por un tubo perforado, también llamado “tubo metralleta”, envuelto en una lana de roca que actúa como aislante acústico como límite máximo permisible 85 decibeles, está fabricado según las necesidades del motor.

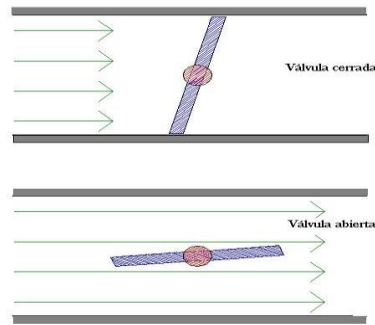


**Figura 3.16.** Silenciador



### 3.11.3. Válvulas de apertura y cierre de paso de gases

Las válvulas son de tipo mariposa, por lo que este dispositivo nos permite la apertura o cierre del paso de los gases de escape para cada una de las pruebas que será sometido el motor, su característica principal es que están contenidas en una tubería como se muestra en la figura 3.17.



**Figura 3.17.** Válvulas de escape

Fuente: (Paladines, 2014, pág. 19)

### 3.11.4. Catalizador de una vía

El catalizador de una vía como se observa en la figura 3.18 consiste en una malla cerámica de canales longitudinales revestidos de materiales nobles como: Platino y Paladio. Los gases como hidrocarburos y monóxido de carbono que son expulsados por el escape, mediante una reacción química de catálisis producida en el interior del catalizador, los transforma en dióxido de carbono y vapor de agua que son mucho menos tóxicos para el ser humano y el medio ambiente. (Calleja, 2015, pág. 58).



**Figura 3.18.** Catalizador de una vía

### **3.11.5. Catalizador de dos vías**

También llamado catalizador de tres vías de “bucle abierto” como se observa en la figura 3.19, también denominados de doble cuerpo o de doble efecto. En realidad, en su interior posee doble catalizador con una cámara de aire intermedia. El primer cuerpo actúa sobre los gases ricos de escape, mientras el segundo cuerpo lo hace con los gases empobrecidos gracias a la cámara intermedia de aire, reduciendo el monóxido de carbono CO, y los hidrocarburos HC, son los más sofisticados, complejos y caros, por tanto. necesario un dispositivo que controle la composición de la mezcla, este dispositivo es la "sonda lambda" que efectúa correcciones constantes sobre la mezcla inicial de aire y combustible, según el valor de cantidad de oxígeno que hay en los gases de escape antes de pasar por el catalizador (Crouse, 1993, pág. 54).



**Figura 3.19.** Catalizador de dos vías

### **3.12. Fallas que presenta el catalizador.**

El catalizador es un componente del sistema de escape del vehículo el cual por fallas del motor afecta directamente al mismo, por lo que se menciona algunas de estas fallas son las siguientes:

#### **3.12.1. Pérdida de potencia.**

Esto ocurre cuando existe un sobrecalentamiento o una falla térmica, lo que causa obstrucción en el catalizador y falta de evacuación de los gases de escape, a consecuencia de aquello el motor se sobrecalienta y puede ser peligroso porque puede provocar una grave avería como pérdida de presión de aceite, dilatación de los componentes móviles provocando un desgaste excesivo.

### **3.12.2. Niveles de emisiones altos.**

En la figura 3.20, se observa que sucede cuando los conductos del catalizador están saturados o contaminados, esto ocurre por una mala mezcla de aire y combustible produciendo una mezcla demasiado rica, también cuando el aceite o líquido refrigerante entra en contacto con el sistema de escape produce depósitos de carbón lo que genera que el catalizador sufra un deterioro prematuro.



**Figura 3.20.** Emisiones excesivas de gases

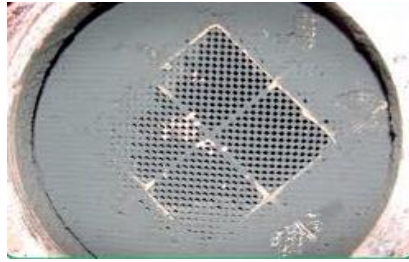
Fuente: (Agencia de Protección Ambiental, 2014, pág. 84)

### **3.12.3. Inestabilidad del motor.**

Sucede por un cambio drástico de temperatura en el catalizador produciéndole un agrietamiento de la cerámica debido a que el alojamiento del catalizador se contrae intempestivamente produciendo un fallo en la estabilidad y pérdida de potencia del motor.

### **3.12.4. Mal olor.**

El mal olor es uno de los síntomas como se puede dar cuenta que el catalizador tiene una falla, producto de un mal combustible y de una mezcla demasiado rica por lo que el catalizador sufre severos daños, los olores desagradables son producidos por los altos niveles de sulfuro de hidrógeno en el escape, que ingresa al interior del habitáculo. Otra falla para que se produzca este síntoma es el estado del motor, para realizar el reemplazo del catalizador hay que analizar cuál es la causa del mal olor para poder solucionar la avería e instalar el nuevo catalizador, como se observa en la figura 3.21.



**Figura 3.21.** Catalizador obstruido.

Fuente: (Agencia de Protección Ambiental, 2014, pág. 86).

### 3.12.5. Catalizador quemado.

En la figura 3.22, se observa lo que sucede cuando restos de combustible se localizan en el catalizador producto de una mala combustión, reacciona con la temperatura que produce el motor al sistema de escape combustionándose en el catalizador, lo que causa que la cerámica se consuma eliminando el cuerpo cerámico.



**Figura 3.22.** Catalizador quemado.

Fuente: (Agencia de Protección Ambiental, 2014, pág. 87)

### 3.12.6. Daños presentados en la trayectoria del vehículo.

Sucede cuando se presenta un obstáculo en la trayectoria del vehículo, golpeando la parte inferior del vehículo y por ende al catalizador que es uno de los elementos más cercanos al suelo, lo que produce que la cerámica se agriete o se desprenda componentes internos del catalizador se vuelva obsoleto como se muestra en la figura 3.23.



**Figura 3.23.** Daños en el sistema de escape.

Fuente: E.P.A

### **3.13. Plan de mantenimiento para prolongar la vida útil del catalizador.**

A continuación, se presentará un plan de mantenimiento del motor ya que es el principal causante de las averías del catalizador, esto sucede por falta de mantenimiento o por algún daño grave. Existen varias formas de realizar un mantenimiento, una de las más importantes y con la cual se elabora el plan de mantenimiento es a base del kilometraje.

Mantenimiento a los 5 000 kilómetros.

- Cambio de aceite y filtro de motor.
- Limpieza del filtro aire.
- Verificar que no exista fugas de ningún fluido.
- Revisar nivel de líquido refrigerante.

Mantenimiento a los 10 000 kilómetros.

- Lo mismo del mantenimiento a los 5 000 kilómetros.
- Cambio de los filtros de combustible (primario y secundario).
- Limpieza del filtro de la bomba.
- Verificar tensión de la banda de accesorios.

Mantenimiento a los 15 000 kilómetros.

- Lo mismo del mantenimiento de 5 000 kilómetros excepto la limpieza del filtro de aire.
- Cambio de filtro de aire.
- Limpieza del depósito de combustible

Mantenimiento a los 40 000 kilómetros.

- Realizar todos los mantenimientos antes mencionados.
- Comprobar y calibrar los inyectores.
- Revisar el estado de la bomba de inyección.
- Verificar el buen estado de cañerías y mangueras de combustible.
- Calibrar las válvulas del motor (admisión 0.14 mm y escape 0.16 mm)
- Reajustar los pernos de la culata. (105 libras fuerza).
- Sincronización del sistema de encendido.

Al catalizador solo se realiza una inspección visual cada 50 000 kilómetros para verificar que este bien sujeto al sistema de escape, que no tenga fisuras o que no esté tapado por las partículas de hollín provenientes del motor.

### **3.14. Selección del catalizador.**

Para seleccionar un catalizador se debe tomar varios aspectos importantes como son: actividad, selectividad, estabilidad.

Actividad. Es el tiempo que permanezca en su máximo régimen de trabajo, esto depende significativamente de la aceleración o régimen de carga a la cual este trabajando el motor. Se recomienda que el tipo de aceleración sea progresiva y así mismo su deceleración.

Selectividad. Está enfocada a que cada vez hay mejoras en los sistemas de catalizadores, debido a que se aplican nuevas tecnologías para optimizar su

funcionamiento, se determina también las características del motor como es la cilindrada y niveles de aceleración,

Estabilidad. Está directamente ligada al tiempo que el motor permanezca en un rango promedio de trabajo para así prolongar la vida útil del catalizador, ya que mediante esta característica podemos reducir costos de reemplazo, debido a que no se realiza ningún tipo de mantenimiento.

### **3.15. Procedimiento de medición.**

Antes de realizar la prueba se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos para que el resultado de la medición sean lo más reales posibles:

- Verificar que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones, que no exista ningún tipo de fugas.
- Verificar que el nivel de aceite del motor se encuentre entre los rangos permitidos por el fabricante del motor, esta prueba se debe realizar con el motor apagado y que se encuentre en una posición horizontal.
- Verificar que la temperatura de trabajo del motor sea la ideal, datos que se obtienen desde el orificio de la bayoneta con un termómetro digital para tener mayor precisión.
- Si el motor no cumple con las condiciones antes planteadas no se debe realizar las pruebas, hasta corregir las fallas correspondientes.
- Someter el equipo de medición (opacímetro) a una fase de calentamiento y estabilización según las especificaciones del fabricante.
- Verificar que se haya realizado el proceso de auto calibración en el equipo según lo especifica el fabricante.
- Verificar que no exista ningún impedimento físico para el libre movimiento del acelerador, debido a que las aceleraciones deben ser consecutivas según lo requiera el opacímetro.
- Con el motor funcionando en ralentí, realizar cinco aceleraciones consecutivas, desde la posición de ralentí hasta la posición de máximas revoluciones. Las pruebas realizadas fueron a un régimen de: 800, 1 000, 1 500, 2 500 y 3 000 r.p.m.

### 3.16. Pruebas de opacidad

Las pruebas son realizadas con el opacímetro BrainBee, siguiendo el protocolo establecido y así obteniendo las siguientes tablas de resultados de opacidad de acuerdo a las distintas pruebas realizadas sin catalizador, con el catalizador de una vía y con el catalizador de dos vías.

#### 3.16.1 Pruebas de opacidad sin catalizador

Una vez realizadas las diferentes pruebas pertinentes y después de haber sacado un promedio de cada medición de opacidad realizadas en el motor Nissan SD22, se elaboró la tabla 3.3, con la característica que los resultados fueron obtenidos sin catalizador. Se puede apreciar que existen cinco mediciones con diferentes porcentajes de opacidad, estos son valores independientes, generando un valor promedio de 12.02 % de opacidad, resultado que aplicando la fórmula de la desviación estándar para cuantificar el valor de dispersión promedio de resultados expresados, da como resultado 1.9 que tiene un margen de dispersión aceptable.

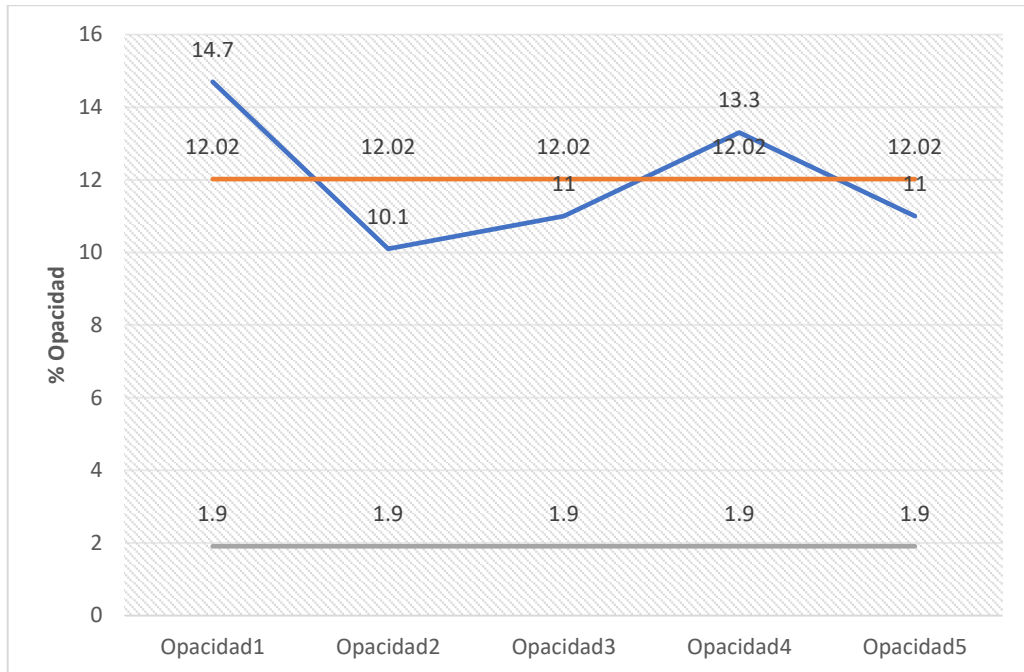
**Tabla 3.3.** Resultado general sin catalizador

Sin catalizador					
	% Opacidad	Opacidad promedio	Desviación estándar	x-x	$(x - \bar{x})^2$
Opacidad1	14.7	12.02	1.9	2.68	7.18
Opacidad2	10.1	12.02	1.9	-1.92	3.69
Opacidad3	11	12.02	1.9	-1.02	1.04
Opacidad4	13.3	12.02	1.9	1.28	1.64
Opacidad5	11	12.02	1.9	-1.02	1.04
Total	60.1				14.58
Promedio	12.02			Desviación estándar	1.9

En la figura 3.24, se determina que de acuerdo a la muestra establecida después realizar un promedio de las distintas opacidades sin la utilización del catalizador, existe una opacidad de 14.7 %. en la primera prueba, 10.1% de opacidad en la segunda prueba, 11 % de opacidad en la tercera prueba, 13.3 % de opacidad en la cuarta prueba y un 11 % de opacidad en la quinta prueba, llegando a un promedio general de 12.02 % de opacidad, pruebas realizadas sin catalizador. Analizando los



valores se concluye que las medidas están en un rango mínimo de variación, con una dispersión del 1.9 que es un valor adimensional, este valor entre más cerca sea a 0 es más veras y confiable ya que define que las mediciones cumplieron el protocolo respectivo.



**Figura 3.24.** Resultado general sin catalizador

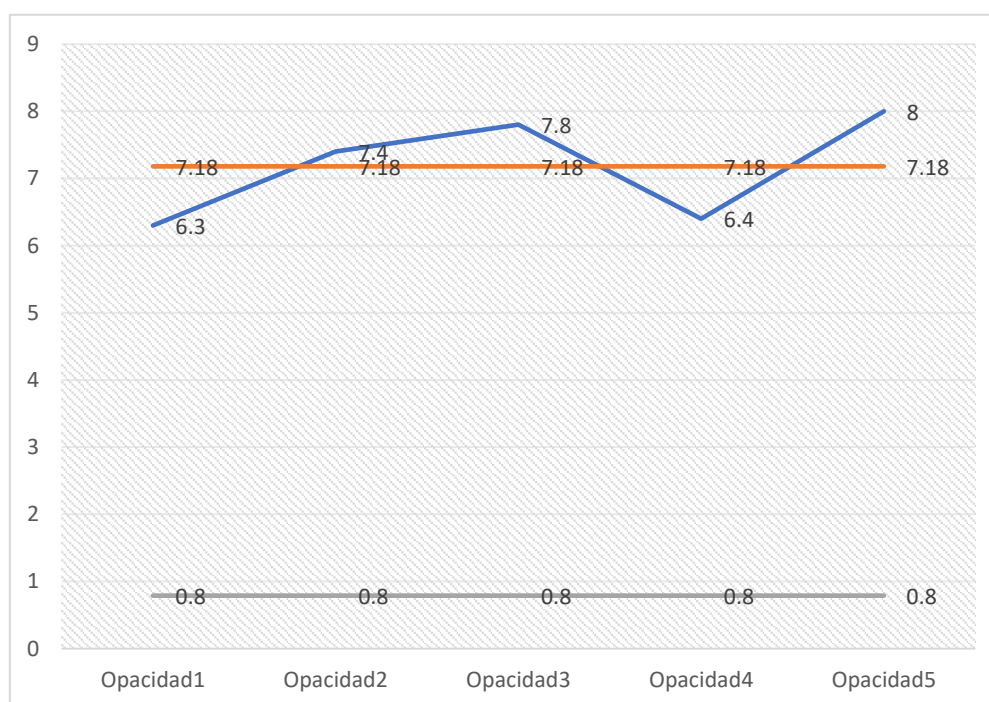
### 3.16.2. Pruebas realizadas con el catalizador de una vía.

Una vez realizadas las diferentes pruebas pertinentes y después de haber sacado un promedio de cada medición de opacidad realizadas en el motor Nissan SD22, se logró elaborar la siguiente tabla 3.4, con la característica que los resultados fueron obtenidos con el catalizador de una vía. Se puede apreciar que existen cinco mediciones con diferentes porcentajes de opacidad, estos son valores independientes, generando un valor de 7.18 % de opacidad promedio que aplicando la fórmula de la desviación estándar para cuantificar el valor de dispersión promedio de resultados expresados, dando como resultado 0.8 que tiene un margen de dispersión aceptable.

**Tabla 3.4.** Resultado general catalizador una vía

Catalizador una vía					
	% Opacidad	Opacidad promedio	Desviación estándar	x-x	$(x - \bar{x})^2$
Opacidad1	6.3	7.18	0.8	-0.88	0.7
Opacidad2	7.4	7.18	0.8	0.22	0.04
Opacidad3	7.8	7.18	0.8	0.62	0.38
Opacidad4	6.4	7.18	0.8	-0.78	0.6
Opacidad5	8	7.18	0.8	0.82	0.67
Total	35.9				2.48
Promedio	7.18			desviación estándar	0.8

En la figura 3.25, se determina que de acuerdo a la muestra establecida después realizar un promedio de las distintas opacidades con la utilización del catalizador de una vía, existe una opacidad de 6.3 % en la primera prueba, 7.4% de opacidad en la segunda prueba, 7.8 % de opacidad en la tercera prueba, 6.4 % de opacidad en la cuarta prueba y un 8 % de opacidad en la quinta prueba, llegando a un promedio general de 7.18 % de opacidad, pruebas realizadas con el catalizador de una vía. Analizando los valores se concluye que las medidas están en un rango mínimo de variación, con una dispersión del 0.8.



**Figura 3.25.** Resultado general catalizador una vía

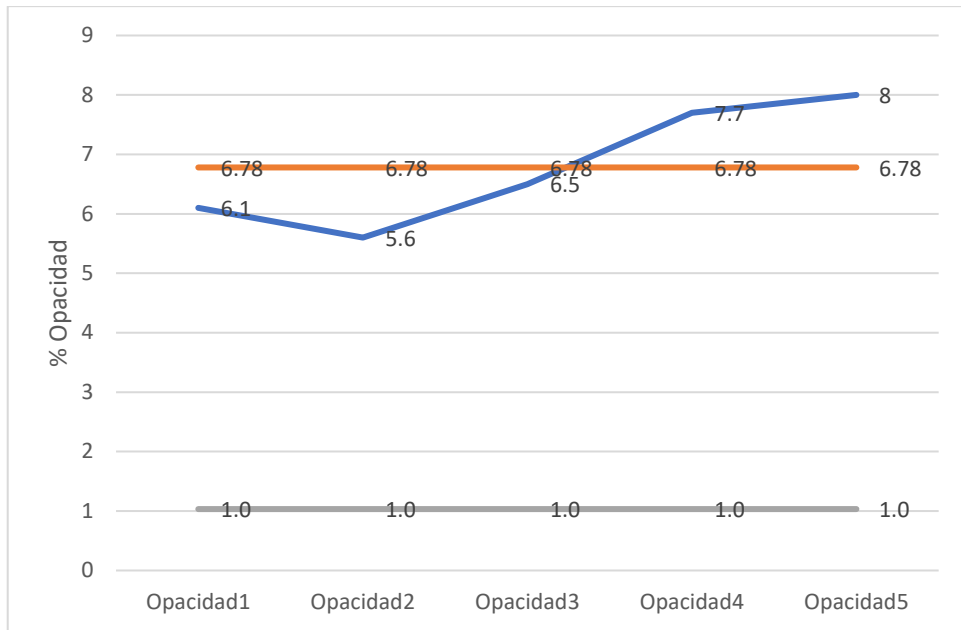
### 3.16.3. Pruebas realizadas con el catalizador de dos vías.

Una vez realizadas las diferentes pruebas pertinentes y después de haber sacado un promedio de cada medición de opacidad realizadas en el motor Nissan SD22 se elaboró la tabla 3.5, con la característica que los resultados fueron obtenidos con el catalizador dos vías. Se puede apreciar que existen cinco mediciones con diferentes porcentajes de opacidad, estos son valores independientes, generando un valor de 6.78 % de opacidad promedio que aplicando la fórmula de la desviación estándar para cuantificar el valor de dispersión promedio de resultados expresados, dando como resultado 1 que tiene un margen de dispersión aceptable.

**Tabla 3.5.** Resultado general catalizador dos vías

<b>Catalizador dos vías</b>					
	<b>% Opacidad</b>	<b>opacidad promedio</b>	<b>desviación estándar</b>	<b>x-x</b>	<b><math>(x - \bar{x})^2</math></b>
<b>Opacidad1</b>	6.1	6.78	1.0	-0.68	0.4624
<b>Opacidad2</b>	5.6	6.78	1.0	-1.18	1.3924
<b>Opacidad3</b>	6.5	6.78	1.0	-0.28	0.0784
<b>Opacidad4</b>	7.7	6.78	1.0	0.92	0.8464
<b>Opacidad5</b>	8	6.78	1.0	1.22	1.4884
<b>Total</b>	33.9				4.268
<b>Promedio</b>	<b>6.78</b>			<b>desviación estándar</b>	<b>1.0</b>

En la figura 3.26, se determina que de acuerdo a la muestra establecida después realizar un promedio de las distintas opacidades con la utilización del catalizador de dos vías, existe una opacidad de 6.1 %. en la primera prueba, 5.6 % de opacidad en la segunda prueba, 6.5 % de opacidad en la tercera prueba, 7.7 % de opacidad en la cuarta prueba y un 8 % de opacidad en la quinta prueba, llegando a un promedio general de 6.78 % de opacidad, pruebas realizadas con el catalizador de dos vías. Analizando los valores se concluye que las medidas están en un rango mínimo de variación, con una dispersión del 1 que es un valor adimensional. La utilización del catalizador es de suma importancia según los resultados de opacidad obtenidos.



**Figura 3.26.** Resultado general catalizador dos vías

Para un mayor entendimiento sobre la desviación estándar se puede entender como el valor promedio de dispersión de resultados, entre menor sea el número quiere decir que existe una menor diferencia de resultados en las pruebas realizadas al motor Nissan SD22

## CAPÍTULO IV

### Resultados

Finalizadas las pruebas de opacidad con un medidor de opacidad de marca BrainBee Automotive, de propiedad de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, con el cual se realizó cinco pruebas, siguiendo el protocolo de mediciones mencionadas en el programa del analizador previamente dicho como se muestra en los anexos, los diferentes test se realizaron a diferentes revoluciones R.P.M y a diferentes temperaturas de funcionamiento del motor, con los resultados generados se elaboró la tabla 4.1, que compara valores de porcentaje de opacidad de las pruebas sin catalizador, catalizador de una vía y catalizador de dos vías.

**Tabla 4.1.** Resultado Finales

Opacidad sin catalizador	Opacidad con catalizador una vía	Opacidad con catalizador dos vías
12.02%	7.18%	6.78%

#### 5.1. Análisis de resultados finales.

De los resultados expresados existe una disminución del 4.84% de opacidad en comparación de los resultados sin catalizador y con la utilización del catalizador de una vía, la diferencia entre las pruebas realizadas sin catalizador y con catalizador de dos vías es de 5.24% de opacidad, teniendo como resultado final la comparación entre las pruebas realizadas con el catalizador de una vía y con el catalizador de dos vías se obtiene una diferencia del 0.4%.

De acuerdo a los resultados generalizados de las pruebas realizadas sin catalizador y con catalizador una vía disminuye en un 40% la opacidad de los gases de escape, mientras en comparación con el catalizador de dos vías disminuye en un 44% la opacidad de los gases de escape. Los resultados expresados anteriormente son muy inferiores a los niveles máximos permitidos por las normativas ecuatoriana, colombiana y mexicana.

Según los resultados obtenidos se puede hacer una selección del catalizador, debido a la disminución de emisiones, en este caso el catalizador de dos vías trabaja con mayor eficiencia por que muestra un menor número de porcentaje en emisiones, a su vez el catalizador de una vía también reduce notoriamente las emisiones de gases de escape del motor.

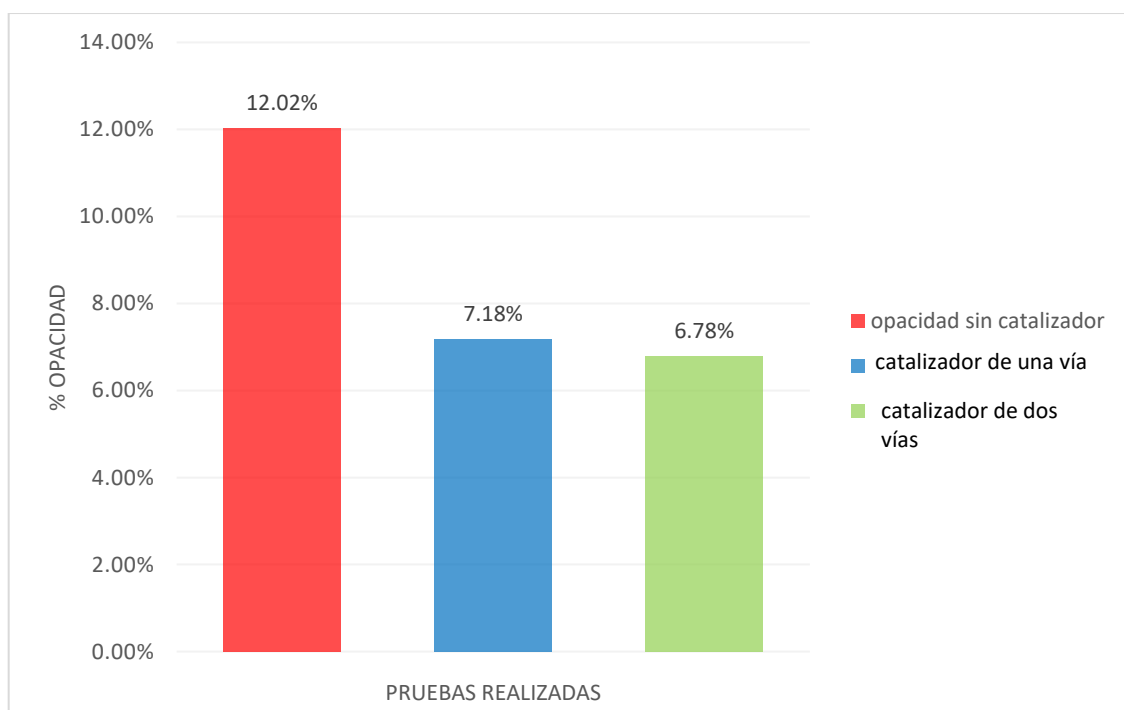
La diferencia entre los dos catalizadores no solamente incide en la disminución de emisiones sino también en su estructura y absolutamente en su costo, porque si comparamos precios existe una diferencia significativa que casi llega a duplicar su valor.

El bajo porcentaje en los resultados obtenidos son producto de la puesta a punto del motor Nissan SD22, siguiendo las calibraciones que el fabricante requiere para su óptimo funcionamiento, utilizando instrumentos esenciales para todo el montaje del conjunto motor, el correcto resultado de análisis en cada uno de los componentes mencionados en la propuesta y sus correcciones pertinentes dieron como resultado que el opacímetro brinde datos mínimos en los rangos permisibles establecidos por las distintas normas.

Para un análisis del desgaste prematuro del catalizador se toma en cuenta como primer punto el porcentaje de aumento de emisiones contaminantes, debido a factores puntuales que influyen en la emisiones de gases en la ciudad de Ibarra, donde se determinó que la temperatura influye en un 10%, que la degradación del aceite aumenta en un 30% las emisiones de gases contaminantes, la altura de la ciudad de San Miguel de Ibarra aumenta en un 18% las emisiones de gases contaminantes y a la vez un aditivo puede disminuir en un 20% las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente.

Es de gran importancia que el motor se encuentre en perfectas condiciones por lo que del 100% de emisiones de gases de escape puede llegar a disminuir un 85% con la puesta a punto del motor, es decir, si el motor alcanza la temperatura ideal de funcionamiento, que el aceite sea cambiado antes de la degradación, la calidad del combustible diésel que es suministrado a los vehículos hoy en día es Premium con lo cual se reduce notoriamente las emisiones tóxicas que producen las fuentes móviles.

Como un resultado gráfico, se tomó la necesidad de realizar una relación entre barras como se muestra en la figura 4.1, para tener una mejor comprensión, siendo así la gráfica de color rojo con un 12.02% de opacidad el resultado de todas las pruebas realizadas sin catalizador, un resultado demasiado positivo en comparación a niveles máximos permisibles, la gráfica de color azul con un porcentaje de 7,18% de opacidad resultado de todas las pruebas realizadas con el catalizador de una vía, obteniendo una comparación bastante notoria en relación a la disminución de emisiones con lo cual presenta una gran importancia del uso del catalizador y en comparación entre el resultado de las pruebas sin catalizador 12.02% de opacidad y el resultado de las pruebas con el catalizador de dos vías 6.78% de opacidad, podemos decir que la disminución es mucho más significativa y la comparación entre ambos catalizador es mínima, pero existe una diferencia debido a que el motor está en buenas condiciones, en motores que tienen desgaste o alta carga diaria la proporción de resultados aumentaría gradualmente, es así que se ha planteado una gran interrogación del por qué las autoridades del país y entidades de protección ambiental no actúan o poner cartas en el asunto porque se exija el uso del catalizador en automotores diésel.



**Figura 4.1.** Pruebas realizadas con diferentes factores

## 5.2. Comparación de datos con las distintas normas nacionales e internacionales

De acuerdo a la tabla 4.2, con las normativas Ecuatoriana INEN 2 202:2 00, Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006, Colombiana Resolución 0910 de 2008; con los niveles máximos permisibles de porcentaje de opacidad se logra visualizar que de acuerdo a los datos emitidos mediante el analizador de opacidad, se detalla que según las leyes ecuatorianas, mexicanas y colombianas es muy importante que los vehículos a diésel deben estar en buenas condiciones, es por ello que al realizar el mantenimiento correctivo del motor Nissan SD22 emite un 12.02% de gases, que es resultado de una correcta calibración del motor y teniendo en cuenta los factores que influyen para el crecimiento del porcentaje de emisiones de gases con el mismo análisis pero colocando un catalizador de una vía resulta un 7.18% de opacidad y con una tercera prueba realizada con un catalizador de dos vías o doble cuerpo se obtiene un 6.78% de emisiones de gases ricos del escape. Con dichos resultados también se determina que los porcentajes emitidos después de realizar dichas pruebas a diferentes revoluciones del motor se concluye que están dentro de los rangos de las leyes ecuatorianas, mexicanas y colombianas con un 60%,50% y 45% de opacidad respectivamente, siendo así, que son porcentajes mínimos que contribuirán a mantener un ambiente sano para el buen vivir de las personas.

**Tabla 4.2.** Comparación de resultados

Normativas	% Opacidad máximo permisible	% Opacidad sin catalizador	%Opacidad con catalizador de una vía	% Opacidad con catalizador de dos vías
Norma INEN 2 202:2 000	60%	12.02%	7.18%	6.78%
Norma mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006	50%	12.02%	7.18%	6.78%
Norma colombiana Resolución 0910 de 2008	45%	12.02%	7.18%	6.78%

Después de haber realizado el estudio se puede recomendar que el catalizador dos vías es un dispositivo muy fundamental, importante y necesario ya que ayuda a reducir en gran porcentaje gases tóxicos que dañan la salud debido a que cuenta



con una cámara de aire intermedia con dos cuerpos cerámicos incrustados los metales paladio y platino que ayuda a que el monóxido de carbono se convierta en dióxido de carbono y el material particulado en vapor de agua.

Llegando a la conclusión de que estudio realizado es fiable y puede ser aceptado de acuerdo a las diferentes normas ecuatorianas, mexicanas y colombianas como una ayuda inmensa para el bienestar del medio ambiente y del ser humano.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones.

Los catalizadores de dos vías o doble cuerpo son aquellos que contiene dos catalizadores con una cámara intermedia, el cual uno de los cuerpos actúa sobre los gases ricos de escape reduciendo el óxido de nitrógeno, mientras el segundo cuerpo lo hace con los gases empobrecidos gracias a la cámara intermedia de aire, reduciendo el monóxido de carbono CO, y los hidrocarburos HC.

La durabilidad y eficiencia del catalizador depende en gran magnitud de factores como: estado del motor, correcta calibración del sistema de inyección, cambios oportunos de aceite.

El catalizador de una vía reduce en un 40.3% y el catalizador de dos vías reduce en un 43.6% las emisiones de gases ricos de escape.

Después de realizar el mantenimiento correctivo del motor Nissan SD22 y haber puesto a punto el motor según los datos del fabricante, se concluye que emite un 12.02% de opacidad sin la colocación del catalizador al finalizar las pruebas de opacidad pertinentes, que para el año de fabricación del motor es muy satisfactorio.

## **5.2. Recomendaciones.**

Es recomendable realizar el mantenimiento preventivo lo que comprende: el cambio de los filtros de aire, limpieza del depurador, filtro combustible, cambio de aceite de motor con su respectivo filtro, con un lubricante de calidad.

Es necesario concientizar desde las aulas, por medio de campañas, conjuntamente con autoridades del Municipio, Ministerio de Medio Ambiente y Agencia de Tránsito, para dar a conocer a la ciudadanía lo importante del uso del catalizador.

Es importante que se renueve la normativa INEN con un 60%, debido a que tiene un porcentaje máximo de opacidad permisible de emisiones de gases en relación a las normativas mexicana 50% y colombiana 45%.

El estudio realizado hace tomar conciencia tanto a propietarios de automotores diésel como a entidades gubernamentales y ambientales exigir la utilización del catalizador, debido a que este dispositivo ayuda a la reducción considerable de emisiones de gases de escape que son perjudiciales para la salud del ser humano y la protección del medio ambiente en general.

Se recomienda usar el catalizador de tres vías porque está elaborado de rodio, el cual permite desoxidar al nitrógeno, el cual es altamente tóxico para el ser humano.

Es recomendable seguir todo el protocolo ya que si se omite algún ítem los resultados pueden variar notoriamente y así los resultados no serán confiables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia de Protección Ambiental. (2014), "*Protección Ambiental*". Obtenido de <http://www.epa.gov/mtbe/gas.htm>
2. Bosh. (2003), "*Técnica de gases de escape para motores diésel*". Santiago de Chile, Reverte.
3. Calleja, D. G. (2015), "*Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*". México, Paraninfo .
4. Carlos Herrera. (6 de Junio de 2017), "*LAHORA*", pág. 18. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/>
5. Crouse, W. H. (1993), "*Mecánica del Automóvil*". California, marcombo.
6. Departamento Ambiental. (2006), "*Norma oficial mexicana*". México, México.
7. Dirección Nacional de Tránsito de Imbabura. (2011), "*Departamento de Movilidad*". Ibarra, GAD Ibarra.
8. Flores, J. Á. (2005), "*Motores alternativos de combustión interna*". Barcelona, Catalunya.
9. Franco, M. (2000), "*Manual de toxicología básica*". Díaz de Santos.
10. Fundación vida sostenible. (Enero de 2015), "*Asociados al pacto mundial red España*". Obtenido de <http://www.vidasostenible.org/informes/historia-de-las-tecnologias-de-reduccion-de-emisiones-contaminantes-en-vehiculos/>
11. GAD Ibarra. (2013), "*GAD Ibarra Planificación urbana y de Transportes de Imbabura*". Ibarra, Gad.
12. Guerrero, A. (2011), "*Origen y control de los contaminantes*". Madrid.
13. Imperial, J. M. (2000), "*Bombas de inyección diésel*". Barcelona, CEAC.
14. Ingeniería AutoAdvance. (11 de Octubre de 2013), "*Sistema de Catálisis*". En *Manual CEAC del Automóvil* (pág. 45). Santiago de Chile: LEXUS. Obtenido de <http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/174-funcionamiento-del-convertidor-catalitico/174-funcionamiento-del-convertidor-catalitico>
15. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2002), NTE INEN. Quito.
16. Lenntech. (2017). *award*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pd.htm>
17. Megoboy, D. (Octubre de 2014), "*Aficionados a la Mecánica*". Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/catalizadores.htm>
18. Méndez, P. (2015), "*Tipos de catalizadores*". Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/610>
19. Ministerio Ambintal. (2008), "*Normativa colombiana*". Bogotá, Colombia.
20. Motorboxes. (05 de Febrero de 2013), "*Mecánica Virtual*". Obtenido de <http://motorboxes.foroactivo.com/t63-el-catalizador>
21. Municipalidad de Ibarra. (2015), "*PDyOT*". Ibarra, GAD Ibarra.

22. NISSAN. (1982), "*Manual de servicio Nissan SD22*". México, sectionEM.
23. Orbe, D. (20 de 01 de 2014), "*Catalizadores diésel*". Obtenido de <http://es.slideshare.net/darioorbe1/catalizadores-paramotoresdiesel>
24. Ortiz, M. (Noviembre de 2014), "*Misión del catalizador*". Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>
25. Paladines, R. (2014), "*Mecánica de Patio pdf*". Obtenido de [https://www.google.com.ec/search?q=etapas+de+combustion+de+un+motor+diesel&biw=1366&bih=657&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwimk8zq0sbNAhUGph4KHfv6CdgQ\\_AUIBigB#imgsrc=VEexa3fhH-2MIM%3A](https://www.google.com.ec/search?q=etapas+de+combustion+de+un+motor+diesel&biw=1366&bih=657&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwimk8zq0sbNAhUGph4KHfv6CdgQ_AUIBigB#imgsrc=VEexa3fhH-2MIM%3A)
26. SENPLADES. (05 de 12 de 2013-2017), "*Plan Nacional del Buen Vivir*". Obtenido de <https://www.google.com.ec/#q=plan+nacional+del+buen+vivir>
27. Universidad de Alicante. (2013), "*Reducción de NOx en motores diésel*". Alicante, UA.
28. Valtueña, D. J. (2002), "*Enciclopedia de la ecología y la salud*". Cataluña, Safeliz.
29. Vasquez, I. L. (2015-2023), "*PDyOT*". Ibarra, Gad Ibarra.
30. Vinicio Arguello. (2014), "*El Comercio*". Obtenido de <http://www.elcomercio.com/tendencias/aire-de-ibarra-de-mas.html>.










		<h1>TEST OFICIAL OPACIDAD HUMO</h1>	
<b>OPACÍMETRO</b> Número de Serie : 110909000111 Número de Homologación : OM00293bNET Fecha vencimiento calibración : 01/07/2017		<b>TACÓMETRO</b> Número de Serie : Número de Homologación : Fecha vencimiento calibración :	
DATOS TALLER			
IBARRA		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
IMBABURA		CIAUT	
		FAX - EMAIL	
DATOS DEL VEHICULO			
Pleca	: CIAUT017	Odómetro	:
Marca	: NISSAN	Año de Construcción	: 1981
Modelo	: SD22		
No. Chasis	:		
LIMITES PRESCRITOS			
Temperatura Motor	: 75 [°C]	Diferencia opacidad	: 10 [%]
		Opacidad	: 60 [%]
VALORES MEDIDOS			
<b>OPACIDAD</b>			
Temperatura Motor	:	126 [°C]	
		<b>Pico opacidad</b>	<b>RPM ralentí</b>
		[ % ]	[ 1/min ]
			<b>RPM max</b>
			[ 1/min ]
Aceleración 1	: 9.4 *	920	2240
Aceleración 2	: 8.1 *	900	2240
Aceleración 3	: 16.8 *	900	2490
Aceleración 4	: 15.2 *	900	2650
Aceleración 5	: 16.9 *	910	2600
RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS			
Valor diferencia de la opacidad	:	8.8	
Valor promedio de la opacidad	:	13.3	
Fecha y hora de inicio prueba	:	03/01/2018 09:40:39	
Fecha y hora de termine prueba	:	03/01/2018 09:42:27	

Figura 4. 4ta. Prueba sin catalizador












		<h2 style="text-align: center;">TEST OFICIAL OPACIDAD HUMO</h2>	
<b>OPACÍMETRO</b> <b>OPA-100</b> Número de Serie                : 110909000111 Número de Homologación    : OM00293bNET Fecha vencimiento calibración : 01/07/2017		<b>TACÓMETRO</b> Número de Serie                : Número de Homologación    : Fecha vencimiento calibración :	
<b>DATOS TALLER</b>			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE			
IBARRA		CIAUT	
IMBABURA		FAX - EMAIL	
<b>DATOS DEL VEHICULO</b>			
Placa	: CIAUT017	Odómetro	:
Marca	: NISSAN	Año de Construcción	: 1981
Modelo	: SD22		
No. Chasis	:		
<b>LIMITES PRESCRITOS</b>			
Temperatura Motor	: 75 [°C]	Diferencia opacidad	: 10 [%]
		Opacidad	: 60 [%]
<b>VALORES MEDIDOS</b>			
<b>OPACIDAD</b>			
Temperatura Motor	:	128 [°C]	
		<b>Pico opacidad</b>	<b>RPM ralentí</b>
		<b>[%]</b>	<b>[1/min]</b>
			<b>RPM max</b>
			<b>[1/min]</b>
Aceleración 1	: 5.8 *	930	2250
Aceleración 2	: 8.8 *	930	2320
Aceleración 3	: 5.2 *	930	2120
Aceleración 4	: 6.0 *	940	2170
Aceleración 5	: 6.0 *	940	2160
<b>RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS</b>			
Valor diferencia de la opacidad	:	<b>3.6</b>	
Valor promedio de la opacidad	:	<b>6.4</b>	
Fecha y hora de inicio prueba	:	03/01/2018 09:57:24	
Fecha y hora de termine prueba	:	03/01/2018 09:59:05	
Examinador	:	BICER	

Figura 10. 5ta. Prueba opacidad con catalizador de una vía






		<b>TEST OFICIAL OPACIDAD HUMO</b>	
<b>OPACÍMETRO OPA-100</b> Número de Serie : 110909000111 Número de Homologación : OM00293bNET Fecha vencimiento calibración : 01/07/2017		<b>TACÓMETRO</b> Número de Serie : Número de Homologación : Fecha vencimiento calibración :	
<b>DATOS TALLER</b>			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE			
IBARRA		CIAUT	
IMBABURA		FAX - EMAIL	
<b>DATOS DEL VEHICULO</b>			
Placa	: CIAUT017	Odómetro	:
Marca	: NISSAN	Año de Construcción	: 1981
Modelo	: SD22		
No. Chasis	:		
<b>LIMITES PRESCRITOS</b>			
Temperatura Motor	: 75 [°C]	Diferencia opacidad	: 10 [%]
		Opacidad	: 60 [%]
<b>VALORES MEDIDOS</b>			
<b>OPACIDAD</b>			
Temperatura Motor	:	122 [°C]	
	<b>Pico opacidad</b>	<b>RPM ralentí</b>	<b>RPM max</b>
	<b>[%]</b>	<b>[1/min]</b>	<b>[1/min]</b>
Aceleración 1	: 5.6 *	930	2290
Aceleración 2	: 4.9 *	940	2230
Aceleración 3	: 5.5 *	940	2270
Aceleración 4	: 5.6 *	940	2230
Aceleración 5	: 6.5 *	950	2330
<b>RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS</b>			
Valor diferencia de la opacidad	: 1.6		
Valor promedio de la opacidad	: 5.6		
Fecha y hora de inicio prueba	: 03/01/2018 10:10:12		
Fecha y hora de termine prueba	: 03/01/2018 10:11:52		

Figura 12. 2da. Prueba opacidad con catalizador de dos vías




		<h2>TEST OFICIAL OPACIDAD HUMO</h2>	
<b>OPACÍMETRO OPA-100</b> Número de Serie : 110909000111 Número de Homologación : OM00293bNET Fecha vencimiento calibración : 01/07/2017		<b>TACÓMETRO</b> Número de Serie : Número de Homologación : Fecha vencimiento calibración :	
<b>DATOS TALLER</b>			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE			
IBARRA		CIAUT	
IMBABURA		FAX - EMAIL	
<b>DATOS DEL VEHICULO</b>			
Placa	: CIAUT017	Odómetro	:
Marca	: NISSAN	Año de Construcción	: 1981
Modelo	: SD22		
No. Chasis	:		
<b>LIMITES PRESCRITOS</b>			
Temperatura Motor	: 75 [°C]	Diferencia opacidad	: 10 [%]
		Opacidad	: 60 [%]
<b>VALORES MEDIDOS</b>			
<b>OPACIDAD</b>			
Temperatura Motor	:	121 [°C]	
	<b>Pico opacidad</b>	<b>RPM ralentí</b>	<b>RPM max</b>
	<b>[%]</b>	<b>[1/min]</b>	<b>[1/min]</b>
Aceleración 1	: 7.0 *	940	2350
Aceleración 2	: 7.5 *	930	2340
Aceleración 3	: 6.2 *	940	2240
Aceleración 4	: 8.8 *	940	2420
Aceleración 5	: 8.9 *	940	2380
<b>RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS</b>			
Valor diferencia de la opacidad	:	2.7	
Valor promedio de la opacidad	:	7.7	
Fecha y hora de inicio prueba	:	03/01/2018	10:14:18
Fecha y hora de termine prueba	:	03/01/2018	10:15:54
Examinador	:	RICER	

Figura 14. 4ta. Prueba opacidad con catalizador de dos vías


		<h2 style="text-align: center;">TEST OFICIAL OPACIDAD HUMO</h2>	
<b>OPACÍMETRO</b> OPA-100 Número de Serie                      : 110909000111 Número de Homologación            : OM00293bNET Fecha vencimiento calibración      : 01/07/2017		<b>TACÓMETRO</b> Número de Serie                      : Número de Homologación            : Fecha vencimiento calibración      :	
<b>DATOS TALLER</b>			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE			
IBARRA		CIAUT	
IMBABURA		FAX - EMAIL	
<b>DATOS DEL VEHICULO</b>			
Placa	: CIAUT017	Odómetro	:
Marca	: NISSAN	Año de Construcción	: 1981
Modelo	: SD22		
No. Chasis	:		
<b>LIMITES PRESCRITOS</b>			
Temperatura Motor	: 75 [°C]	Diferencia opacidad	: 10 [%]
		Opacidad	: 60 [%]
<b>VALORES MEDIDOS</b>			
<b>OPACIDAD</b>			
Temperatura Motor	:	123 [°C]	
	<b>Pico opacidad</b>	<b>RPM ralenti</b>	<b>RPM max</b>
	<b>[%]</b>	<b>[1/min]</b>	<b>[1/min]</b>
Aceleración 1	: 5.6 *	930	2140
Aceleración 2	: 7.8 *	930	2350
Aceleración 3	: 7.9 *	940	2280
Aceleración 4	: 7.8 *	940	2320
Aceleración 5	: 10.9 *	940	2390
<b>RESULTADO DEL TEST : APROBADO SIN FALTAS</b>			
Valor diferencia de la opacidad	:	<b>5.3</b>	
Valor promedio de la opacidad	:	<b>8.0</b>	
Fecha y hora de inicio prueba	:	03/01/2018	10:16:18
Fecha y hora de termine prueba	:	03/01/2018	10:18:02

Figura 15 .5ta. Prueba opacidad con catalizador de dos vías