

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EMISIÓN DE  
GASES EN MOTORES QUE UTILIZAN COMPLEMENTOS LUBRICANTES, EN LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**OSCAR CHAMARRAVI GUERRA  
GERMÁN SAAVEDRA CALIXTO**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO –  
CIMAD  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
BOGOTÁ D.C.**

**2013**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EMISIÓN DE  
GASES EN MOTORES QUE UTILIZAN COMPLEMENTOS LUBRICANTES, EN LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**OSCAR CHAMARRAVI GUERRA**

**GERMÁN SAAVEDRA CALIXTO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
“MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE”**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**DR. DIEGO JULIÁN RODRÍGUEZ PATARROYO**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO –**

**CIMAD**

**MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

**BOGOTÁ D.C.**

**2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Director

Bogotá D.C., agosto 14 de 2013

A mis padres Albenia y Ricardo, símbolos de amor, constancia y respeto, en  
compañía de mis hermanos Nubia, Mery, Ricardo, Jaime, Nidia, Alenix y Vilma.

A mis hijos, Sebastián y Oscar Alberto motores de mis sueños.

A mis sobrinos Ricardo, Camila, Paola, Ricardo Andrés y María Paula.

A Luz Stella, mi esposa, mi amiga, compañera, por su constancia, amor y dedicación  
al apoyarme en este reto de mi vida.

A la memoria de mi prima Ángela y mi abuela Guillermina

*Oscar*

A mi hija Mariana, motivación de mis sentimientos y razón de mi existencia junto  
con mi adorada esposa Azucena por su comprensión, apoyo y compañía.

A la memoria de mis padres María Dolores por su entrega, dedicación y enseñanzas y  
Ángel María por su comprensión y compañía.

A todos mis hermanos y hermanas por su aliento.

*Germán*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, dueño de la vida, quien nos colma cada día de bendiciones.

A la Virgen del Carmen, patrona de los colombianos y Nuestra Santa Laura

A la Universidad de Manizales, por la formación académica y oportunidad que nos brindaron de pertenecer a tan prestigiosa entidad.

Muy especialmente al Dr. LUÍS ALBERTO VARGAS MARÍN, por su apoyo, su interés y exigencia para el exitoso término de este proyecto.

A la Tutora Dra. CLAUDIA MUNEVAR, por su gran colaboración y apoyo en el transcurso de la Maestría.

Al Dr. DIEGO JULIÁN RODRÍGUEZ PATARROYO, director del proyecto por su dedicación, apoyo y conocimientos aportados.

AL CDA “LA SEXTA”, y su Gerente de Servicio RICARDO RODRIGUEZ, por su compromiso y respaldo, no sólo con nosotros, sino también con la sociedad y el medio ambiente de Bogotá.

A los Ingenieros DANIEL RUBIO MENDOZA Y DAVID FERNANDO CANO, Ejecutivo Automotor Regional e Ingeniero de Proyectos de COCACOLA – FEMSA, respectivamente por su gran apoyo en las pruebas y análisis de los aceites.

A AGUSTIN FORERO, Administrador de ADMIPUBLICO LTDA, administradora de taxis en Bogotá D.C.

A CARLOS MORALES, Técnico en lubricación y las secretarias CINDY LORENA GUIO Y ROCIO MIRANDA, buenos protagonistas en el desarrollo de este proyecto.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
Introducción	1
1. Justificación	4
2. Diseño Teórico	8
2.1 Título de la Investigación	8
2.2 Formulación del Problema	8
2.3 Descripción del Área Problemática	9
2.4 Objetivos	9
2.4.1 Objetivo general	9
2.4.2 Objetivos específicos	9
2.5 Hipótesis Y Variables	10
2.6 Técnicas E Instrumentos	10
2.7 Impactos esperados a partir del uso de los resultados	11
2.7.1 Aspecto Científico	11
2.7.2 Aspecto Técnico	11
2.7.3 Aspecto Ambiental	12
2.7.4 Aspecto Económico	12
2.7.5 Aspecto Social	12
2.7.6 Aspecto Cultural	12

3. Referente Teórico	13
3.1 Generalidades	13
3.2 Estructura del Proyecto	14
3.3 Motor de combustión interna	14
3.3.1 Proceso de combustión	15
3.3.1.1 Carrera de admisión (1)	16
3.3.1.2 Carrera de compresión (2)	16
3.3.1.3 Carrera de fuerza (3)	16
3.3.1.4 Carrera de escape (4)	16
3.3.2 Combustible	19
3.3.3 Función del combustible	21
3.3.4 Composición de los gases de escape de escape en un motor a gasolina	21
3.3.5 Impacto medio ambiental	23
3.3.6 ¿Contaminan o no contaminan los motores de combustión interna?	23
3.3.7 Métodos de reducción de sustancias tóxicas	24
3.3.8 Descripción de Emisiones de un motor de combustión interna	24
3.3.9 Índice calidad del aire	29
3.3.10 Categorías de los Índices de Calidad del Aire	30
3.3.11 Inventario de Emisiones Atmosféricas	32
3.4 Nanotecnología O Nanociencia	34
3.4.1 ¿qué es un nanomaterial?	35
3.4.2 Nuevos Avances En Lubricación En Fullerenos Inorgánicos	36
3.5 Conceptos Básicos en Lubricación	36
3.5.1 Tribiología	36

3.5.2 Fricción	36
3.5.3 Desgaste	37
3.5.4 Adhesión	37
3.5.5 clasificación de los lubricantes según su origen	37
3.5.6 Clasificación de aceites lubricantes para motores	37
3.5.7 Tipos de Lubricación. Pueden distinguirse cuatros tipos de lubricación	38
3.5.7.1 Lubricación por película fluida	39
3.5.7.2 Lubricación de límites	40
3.5.7.3 Lubricación sólida	40
3.5.7.4 Lubricación Seca	41
3.5.8 Los lubricantes en la manufactura	41
3.5.9 Funciones de los lubricantes en el trabajo de metales	41
3.5.10 Tipos de lubricantes para el trabajo de metales	42
3.5.10.1 Aceites minerales	42
3.5.10.2 Aceites naturales, grasas y derivados	42
3.5.10.3 Fluidos sintéticos.	43
3.5.10.4 Lubricantes compuestos.	43
3.5.10.5 Lubricantes acuosos	43
3.5.10.6 Recubrimientos y portadores	43
3.5.11 Aditivos lubricantes	44
3.5.12 Complementos lubricantes	44
3.6 Normatividad ambiental para Colombia	45
3.6.1 Normas técnicas colombianas sobre impacto ambiental	46
4. Diseño Metodológico	51



4.1 Unidad de Análisis y Unidad de Trabajo	51
4.2 Tipo de Investigación	52
4.3 Procedimiento	53
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información	61
5. Estudio Económico	64
6. Análisis de Resultados	65
7. Conclusiones	93
8. Observaciones	98
9. Recomendaciones	98
Referencias Bibliográficas	99
Anexos	102

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Carreras de motor (4 tiempos)	15
Figura 2. Partícula de hollín. Secretaría Distrital de Ambiente	22
Figura 3. Sistemas de control de emisiones	27
Figura 4. Calidad del aire en la Ciudad de Bogotá	29
Figura 5. Grafico circular. Calidad del aire en Bogotá. Descripción por colores de los índices de contaminación ambiental	30
Figura 6. Fuentes de emisiones de GEI sobre las emisiones totales de Ecopetrol S.A	33
Figura 7. Emisiones Directas de GEI (CO <sub>2</sub> e) por Vicepresidencia	33
Figura 8. Emisiones Indirectas de GEI (CO <sub>2</sub> e) por Vicepresidencia	34
Figura 9. Nanoparticulas	35
Figura 10. Tipo de Lubricante	42
Figura 11. Observatorio de calidad del aire y salud en Bogotá	49
Figura 12. Tipo de vehículos seleccionados Hyundai Atos 1000 c.c modelos 2006 y 2010	52
Figura 13. Muestra extraída del Aceite usado	54
Figura 14. Administradora de Taxis ADMIPUBLICO en Bogotá	56
Figura 15. Paso a paso del cambio de aceite de un vehículo	60
Figura 16. CAD la Sexta en Bogotá D.C	61

Figura 17. Gases de calibración y mezcla patrón del analizador de gases	62
Figura 18. Promedios	66
Figura 19. Promedios	67
Figura 20. Promedios	68
Figura 21. Promedios	69
Figura 22. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas CO	70
Figura 23. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas CO <sub>2</sub> .	71
Figura 24. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas O <sub>2</sub>	72
Figura 25. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas HC	73
Figura 26. Composición de los gases	74
Figura 27. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 sin complemento, en la primera medición para cada estado Ralentí y Crucero	74
Figura 28. Medición	75
Figura 29. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 sin complemento, en la sexta medición para cada estado Ralentí y Crucero	75
Figura 30. Promedio en total de vehículos - Ralenti	76
Figura 31. Promedio en total de vehículos - Crucero	77
Figura 32. Promedio de las seis mediciones	78
Figura 33. Promedio en total de vehículos	79
Figura 34. Promedio de las seis mediciones de los 10 vehículos en Ralentí del gas HC	86
Figura 35. Promedio de las seis mediciones de los 10 vehículos en Crucero del gas HC	87
Figura 36. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Ralentí, en la primera medición	88

Figura 37. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Crucero, en la primera medición	89
Figura 38. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Ralentí, en la sexta medición	90
Figura 39. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Crucero, en la sexta medición	85
Figura 40. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas CO	86
Figura 41. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas CO <sub>2</sub>	87
Figura 42. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas O <sub>2</sub>	88
Figura 43. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas HC.	89
Figura 44. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 con complemento, en la primera medición para cada estado Ralentí y Crucero	90
Figura 45. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 con complemento, en la sexta medición para cada estado Ralentí y Crucero	91

**LISTA DE TABLAS**

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Propiedades físicas de la gasolina	20
Tabla 2. Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión	22
Tabla 3. Categorías de Índices de Calidad de Aire.	31
Tabla 4. Emisiones anuales (kilotoneladas) de GEI en Ecopetrol	32
Tabla 5. Jerarquía de normas ambientales en Colombia.	45
Tabla 6. Parametrización de variable para selección de la población y muestra	56
Tabla 7. Porcentaje de Confianza	59
Tabla 8. Estadísticas	63
Tabla 9. Estudio Económico	64
Tabla 10. Avance en la recolección de la información	65

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Carta de Compromiso CDA	103
Anexo B. Certificados de gases de uno de los Vehículos	104
Anexo C. Vehículos Servicios Público	106
Anexo D. Protocolo de Medición	116
Anexo E. Análisis general de la emisión de gases de los vehículos seleccionados con complemento lubricante	127
Anexo F. Análisis general de la emisión de gases de los vehículos seleccionados sin complemento lubricante	143
Anexo G. Análisis estadístico de la emisión de cada uno de los gases de emisión de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante.	157

## GLOSARIO

**ABSORCIÓN INFRARROJA NO DISPERSIVA:** Método permite la detección y análisis en continuo de todos los gases poliatómicos que tienen una banda de absorción de infrarrojos comprendida entre 2 y 10  $\mu\text{m}$  excepto los gases diatómicos que no tienen banda de absorción de infrarrojos ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ...).

**AREAS – FUENTE:** determinada zona o región, urbana, suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire. (Resolución 601, 2006)

**ACELERÓMETRO:** dispositivo utilizado para medir los cambios de velocidad en el espacio (aceleración).

**BLOW BY:** presión positiva en la cámara interna del bloque del motor, referencia del desgaste interno que puede tener los anillos de los pistones.

**BOMBA DE INYECCIÓN:** sistema mecánico utilizado para aumentar la presión del combustible en los inyectores.

**BUJÍA:** elemento que produce chispa eléctrica para lograr la ignición de la mezcla (esto en motores de ciclo Otto).

**CARRERA EN UN MOTOR:** secuencia de  $90^\circ$  de recorrido circular en un total de  $360^\circ$  medido en una vuelta del cigüeñal.

**CARCINOGENICOS:** sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia

**COMBUSTIBLES FOSILES:** depósitos geológicos de materiales orgánicos combustibles que se encuentran enterrados y que se formaron por la descomposición de plantas y animales que fueron posteriormente convertidos en petróleo crudo, carbón, gas natural o aceites pesados al estar sometidos al calor y presión de la corteza terrestre durante cientos de millones de años.

**COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES:** cualquier compuesto orgánico (que tiene carbón) que se evapora con facilidad hacia la atmosfera a temperatura ambiente.

**CONCENTRACION DE UNA SUSTANCIA EN EL AIRE:** relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen del aire en el cual está contenida. (Resolución 601, 2006).

**CONTAMINACION ATMOSFERICA:** fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire (Resolución 601, 2006).

**CONTAMINANTES:** fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas (Decreto 948, 1995)

**CONDENSACIÓN:** proceso en el cual el vapor de agua pasa a estado líquido.

**DAMA:** Departamento Administrativo del Medio Ambiente.

**DESTILACIÓN FRACCIONADA:** proceso de destilación atmosférica en el cual se calientan los distintos componentes del petróleo, que en su estado líquido alcanzan puntos de



ebullición a diferentes temperaturas, obteniendo fracciones de combustible con características distintas (LA GASOLINA se obtiene a 175°C).

**EMISION:** descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos provenientes de una fuente móvil o fija (Resolución 610, 2010).

**FILTRO SCREEN:** sistema de filtración utilizado para eliminar las posibles impurezas en el sistema de inyección.

**FILTRO TRAMPA:** filtro primario encargado de decantar los residuos de agua procedentes del tanque del combustible.

**FLOTA:** conjunto TAXIS que pertenecen a una misma compañía y realizan una misma actividad.

**FUENTES MÓVILES:** todo aquel equipo que genere contaminación ambiental, y el cual no tiene un lugar fijo.

**HOLLÍN:** partículas pequeñas suspendidas en el ambiente, cuyo componente principal es el carbono.

**INTERFACE:** medio de comunicación entre dos ordenadores, permite establecer en el vehículo un protocolo de comunicación entendible que sirve como verificador de fallas.

**INYECTOR:** elemento mecánico encargado de pulverizar el combustible al interior de las cámaras de combustión.

**MANTENIMIENTO:** todos aquellos procesos que permiten o establecen la perduración de un equipo (vehículo), en el tiempo. Este tipo de operaciones generan confiabilidad en los equipos.

**MODULO (ECM):** elemento electrónico que comanda todas las señales provenientes de los sensores del motor del vehículo (temperatura, presión, etc.).

**MOTOR A GASOLINA:** es un tipo de motor de combustión interna que utiliza la explosión del combustible gasolina, provocada mediante una chispa, para expandir un gas empujando así un pistón. Hay de dos y de cuatro tiempos. El ciclo termodinámico utilizado es conocido como Ciclo Otto

**PIXELES:** son puntos que en conjunto generan una imagen.

**PREVENTIVO:** acto que sirve para prevenir algo malo o averiado

**PROTOCOLO:** plan escrito y detallado de un experimento científico, un ensayo clínico o una actuación médica.

**PUNTO MUERTO INFERIOR:** mínimo punto alcanzado por el pistón en una carrera descendente (esto lo logra gracias a la inercia).

**PUNTO MUERTO SUPERIOR:** máximo punto alcanzado por el pistón en una carrera ascendente (esto lo logra gracias a la inercia).

**RALENTÍ:** trabajo del motor en mínima revolución (700 a 1100 RPM).

**REFRIGERANTE:** líquido utilizado en el motor, con la característica fundamental de absorción de calor.

**RELACIÓN DE COMPRESIÓN:** valor a dimensional que permite establecer la proporción, en que se ha comprimido la mezcla de aire combustible en el motor.

**REVOLUCIÓN GOBERNADA:** velocidad máxima alcanzada por el motor, medida en RPM (revoluciones por minuto).

**SIBILANCIAS:** silbido en el pecho en niños lactantes

**SDA:** Secretaria Distrital del Medio Ambiente.

**TERMOSTATO:** elemento de control que se activa por medio de temperatura, permite el paso de refrigerante en el motor para ayudarle en su proceso de refrigeración.

**TURBO CARGADOR:** turbina dual movida por los gases de escape del motor para inyectar presión positiva a la succión del motor.

**VALOR ESTEQUIOMÉTRICO:** hace referencia a la estequiometria, la cual es la ciencia encargada de referirse a todos aquellos aspectos que se pueden contar en una reacción.

## SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

CI	: Combustión interna
°C	: Grados Celsius.
°F	: Grados Fahrenheit.
S	: Azufre.
CI	: Combustión interna.
CO	: Monóxido de carbono.
H <sub>2</sub> O	: Agua.
HC	: Hidrocarburos.
NO <sub>2</sub>	: Óxido de nitrógeno.
NO	: Óxido nitroso.
O <sub>2</sub>	: Oxígeno.
PST	: Partículas suspendidas totales
PM2.5	: Partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 2.5 micras
PM10	: Partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 micras
PPM	: Partes Por Millón.
PSI	: Libra por pulgada cuadrada.
SO <sub>2</sub>	: Dióxido de azufre.
(SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	: Sulfato.

$C_xH_y$	: Combustible (abreviación en estequiometría).
$CO_2$	: Dióxido de carbono.
%	: Porcentaje.
MCI	: Motores de Combustión Interna.
$CH_4$	: Metano.
NTC	: Norma Técnica Colombiana.
Comb <sub>f</sub>	: Consumo total de combustible
CORINAIR	: Inventario de la Base de emisiones del aire
EEA	: Agencia Ambiental Europea
EGR	: Sistema de control de recirculación de gases de escape
$E_p$	: Emisiones totales del contaminante p [Kg/día]
EPA	: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
$ESOX.f$	: Emisiones de SOX del combustible (gasolina o diesel)
REET	: Modelo de Gases de Invernadero, Emisiones Reguladas y Uso de Energía en Transporte
IDEAM	: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IVE	: Internacional Vehicle emission Model
$P_{bf}$	: Contenido de plomo del combustible (fracción másica)
$P_f$	: Densidad del combustible
RVP	: Volatilidad de los combustibles
$S_f$	: Contenido de azufre del combustible (fracción másica)
TBE	: Tasas Básicas de Emisión
VOCs	: Compuestos Orgánicos Volátiles

## RESUMEN

El propósito de la realización de esta investigación está contemplada en tres aspectos fundamentales, a saber, básico, aplicado y de desarrollo tecnológico enfocado a identificar y evaluar el impacto ambiental. En la fundamentación básica se llevará a cabo toda la recopilación de información referente a los conceptos básicos y avanzados de nanotecnología y nanociencia aplicada a la parte automotriz; así, como también se llevarán a cabo las pruebas de comprobación necesarias para la verificación de la aleación de nanopartículas y sus efectos en el medio ambiente. En la segunda parte se encuentra la aplicación y desarrollo de la nanociencia con la utilización de nanopartículas en la composición de complementos lubricantes para motores de combustión, lo cual se logra a través de una adición de partículas metálicas que van a ser introducidas en el aceite que lubrica el motor, el cual será utilizado sólo como medio, para que las nanopartículas lleguen a la zona afectada (paredes del cilindro) y puedan realizar la protección y recuperación. En el desarrollo tecnológico se pretende medir y comparar los gases emitidos con el fin de constatar y servir como soporte en la verificación de la medición parámetros de contaminación propuestos por los fabricantes de estas sustancias.

Palabras clave: Complementos lubricantes, Nanopartículas, Impacto ambiental, Emisión de humos, motor de combustión interna,

## ABSTRACT

The purpose of this investigation is provided in three key aspects, namely basic, applied and technological development focused to identify and evaluate the environmental impact. In the basic foundation will carry out all the collection of information concerning the basic and advanced concepts of nanotechnology and nanoscience applied to the automotive part; Thus, as also the necessary verification tests for the verification of alloy nanoparticles and their effects will take place in the environment. The second part is the application and development of nanoscience with the use of nanoparticles in the composition of supplements of lubricants for combustion engines, which is achieved through an addition of metallic particles that will be introduced in the oil that lubricates the engine, which will be used only as a means, so that the nanoparticles reach the affected area (walls of the cylinder) and to carry out protection and recovery. Technological development intends to measure and compare the gases emitted in order to see and serve as support in the verification of the measuring parameters of contamination proposed by the manufacturers of these substances.

Key words: Lubricating complements, Nanoparticles, Environmental impact, Emission of smokes (airs), engine of internal combustion.





## **Introducción**

Durante varias décadas, los cambios ambientales han afectado la salud de los seres humanos y en todo momento, el ambiente se ha vuelto cada vez más complejo. Hoy, los enlaces entre salud y medio ambiente nunca han sido tan evidentes, como es el caso de la contaminación atmosférica que presentan las grandes ciudades debido principalmente al gran volumen de emisiones vehiculares. Todos estos contaminantes tienen efectos adversos en la salud de los habitantes, provocando principalmente enfermedades respiratorias. Pues algunos compuestos presentes en las emisiones producidas por los vehículos son cancerígenos y mutagénicos.

Es por eso que con la participación y esfuerzo conjunto de todos los sectores se podrá resolver este problema. Siendo las nuevas ciencias las que nos proporcionan esa posibilidad, uno de los grandes sectores que hasta el momento han despertado mayor interés es la industria nanotecnológica, la cual aborda directamente la posibilidad de diseñar materiales y máquinas a partir del reordenamiento a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas, conduciendo a la fabricación de nuevos materiales, aparatos y sistemas con propiedades únicas que no pueden obtenerse con las tecnologías actuales de procesado de materiales y fabricación. Es decir se trata de controlar con toda precisión la morfología a dimensiones nanoescalares y posibilitar así la fabricación de nuevos materiales con nuevas propiedades. Se predice que los avances nanotecnológicos tendrán un protagonismo similar en nuestra sociedad del conocimiento, promoviendo multitud de desarrollos con gran repercusión empresarial y social, y por supuesto el ambiental.

En la actualidad, la industria Nanotecnológica tiene ya una base real, existiendo múltiples productos comerciales en el mercado, como lo es en el sector automotriz un complemento lubricante de origen ruso y objetivo de estudio.

El deterioro de la calidad del aire que a diario respiramos viene creciendo cada vez más. Esto se puede relacionar con el incremento de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, lo que constituye uno de los primordiales problemas ambientales y uno de los grandes retos que debe resolver la sociedad.

Los vehículos automotores registran una gran variedad de procesos de emisiones tales como las de combustión y las evaporativas (estas se limitan a emisiones de Compuestos Orgánicos Totales (COTs), entre las cuales se destacan las emisiones evaporativas del motor caliente, de operación, durante la recarga de combustible, en reposo y emisiones diurnas) en la presente investigación se tomarán en cuenta exclusivamente las emisiones generadas por el proceso de combustión de los motores vehiculares a gasolina

El transporte automotor es una de las principales fuentes emisoras de gases contaminantes producto de la combustión de los motores, gases que provocan un doble efecto nocivo. Mientras algunos de los componentes gaseosos afectan la salud humana (CO, NO<sub>x</sub> y HC), otros llevan al incremento de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O), los que inciden en el cambio climático que afecta la tierra.

La Zona Metropolitana de Bogotá D.C., al igual que en otras ciudades del país, alarmada por el alto índice de contaminación generada por el parque automotor que a diario circula por las calles de la ciudad, se ha promovido desde las Instituciones educativas superiores, la preparación de un proyecto para el análisis y control de la contaminación en fuentes móviles por medio de la utilización de esa Nanociencia. De lo anterior se espera comprobar la reducción significativa que expresa el fabricante del producto y puedan obtenerse bajos niveles de contaminación y cumplir

tanto las normas nacionales como las internacionales y ofrecer características de funcionamiento semejantes a los que ofrecen los motores de combustión interna sin la aplicación del complemento lubricante.

Por lo tanto, una variación en el control de cualquiera de estos factores incidirá de manera circunstancial en una reducción de dichos contaminantes, lo que genera de forma inmediata aire más limpio para nuestra ciudad y un futuro mejor para las próximas generaciones.

## 1. Justificación

La cifra exacta de la cantidad de vehículos en Colombia es incierta ya que ninguna autoridad se ha puesto de acuerdo en ella se dice que a 2009 la cifra de automotores estaba alrededor de 4 millones 240 mil, según el crecimiento de la movilidad fue del 14,7 % para 2010 es decir 4 millones 864 mil y para 2011 el incremento fue del 12% que correspondería a 5 millones 447 mil vehículos; con la facilidad en la actualidad para la adquisición de vehículo en nuestro país esa cifra estaría por encima de los 6 millones de estos a la fecha.

En Bogotá circulan diariamente 1.5 millones de vehículos particulares y 200 mil de servicio público en general. (Proyecto de Acuerdo 185, 2008)

Por Medio del Cual se Implementa la Restricción Vehicular los Días Sábados y se dictan Otras Disposiciones

En Colombia de acuerdo con las cifras reveladas por las empresas de taxis y Fenalco existen alrededor de 351.200 taxis y 250 empresas. (Caracol Radio, 2013).

Existen 59 empresas de taxis en la capital; para el censo contratado por la alcaldía en acuerdo con el SIM se llegó a la cifra de 48.100 vehículos taxi sin tener en cuenta aquellos de origen “pirata” o “gemeliados” es decir vehículos ilegales que tienen repetida la matrícula, según informe de El Tiempo del 2 de abril de 2013. (El Tiempo, 2012).

En Bogotá hay 1.572.000 vehículos de los cuales aproximadamente 50.000 son taxis es decir cerca del 3.3%.

Todos los taxis de la ciudad recorren alrededor de 12.5 millones de kilómetros diariamente y uno de ellos recorre al año entre 80.000 y 125.000 kilómetros.

Estos vehículos generan una cifra cercana a las 3.000 toneladas de CO<sub>2</sub> diariamente es decir el 15% de las emisiones de las fuentes móviles, en comparación con Londres esta cifra es del 3%.(El Espectador, 2011).

En el planeta se emiten 49 Gigatoneladas de CO<sub>2</sub> al año. De este total, Colombia aporta tan sólo el 0,37 por ciento con más de 180 millones de toneladas. En cuanto a Bogotá el porcentaje es mucho menor con 0,02 por ciento. Países como Estados Unidos y China puntúan en emisiones de gases efecto invernadero con el 14,6 y 10,2 por ciento respectivamente", *informó Juan Antonio Nieto Escalante, secretario de Ambiente.*

La Secretaría de Ambiente evaluó los gases de 6.137 establecimientos y encontró que los que utilizan combustible en sus procesos productivos generan más del 70 por ciento del total de estas emisiones.

Según el inventario de gases de efecto invernadero de Bogotá, la capital emite al año 10.873.331 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los gases causantes del calentamiento global que sufre el planeta.

Para este estudio, se dividió a la capital en cuatro módulos: energía (establecimientos que utilizan combustibles), establecimientos con procesos industriales sin combustión, agricultura y residuos (rellenos sanitarios).

El de energía es el que más aporta toneladas de CO<sub>2</sub> con el 72,46 por ciento del total de las emisiones (7.879.293 toneladas). Dentro de este grupo, el gran responsable es el transporte terrestre que emite el 60,15 por ciento (más de 4 millones de toneladas), le siguen el comercio (15,9%), las industrias manufactureras y de construcción (14,2%), las zonas residenciales (6,7%) y el transporte aéreo (2,8%).(El Espectador, 2013).

El propósito fundamental de este proyecto consiste comprobar la disminución sugerida por el fabricante del complemento lubricante en estudio, de los máximos niveles permitidos de

emisión de gases a la atmósfera generados por los vehículos de servicio público con motores de combustión a gasolina de 1000 cc, para atenuar su influencia en el deterioro de la calidad del aire y la salud humana. Esto basado en la aplicación de complementos lubricantes con base en nanopartículas, con el fin de comprobar la minimización de los efectos ocasionados al medio ambiente por la reducción de niveles de contaminación y polución, generados por la emisión continua de gases producto de la combustión. Este proyecto se clasifica especialmente en la Línea de Biosistemas Integrados porque pretende introducir en los procesos generados por el funcionamiento de los diferentes sectores productivos, los conocimientos y las prácticas necesarias para que sus actividades no termine contaminando a un más el medio ambiente.

A pesar que la tecnología en la industria automotriz es cada vez más sofisticada por consiguiente el control de emisión de gases es mayor debido a la calidad y capacidad de los componentes del motor, pero la creciente demanda y oferta de vehículos compensa esta situación ya que cada día hay más automotores en circulación por lo cual es mayor la emisión de gases generados a la atmosfera.

El sector del transporte sería un buen modelo para el desarrollo de este proyecto ya que es el mayor proveedor de contaminación por tal motivo se recurrirá a la búsqueda de vehículos con motor a gasolina que operen con 1000 centímetros cúbicos, preferiblemente de la misma marca, modelo y kilometraje recorrido, para que la comparación y posterior comprobación se lo más acertada posible, además de ser de servicio público.

Estas condiciones de mantenimiento de los vehículos de servicio público que circulan por la ciudad, sumadas a la calidad del combustible. Han generado que zonas como Puente Aranda y Fontibón hayan sido calificadas por entes nacionales como unas de las zonas más contaminadas del país.

Debido a la generación de gases contaminantes de fuentes móviles, se obliga a la administración de la ciudad a establecer una restricción para este tipo de vehículos de servicio público taxis en la ciudad, en las horas pico del día (ambientales): entre las 5:30 AM y las 9:00 PM.

La forma de reducir dicha restricción es implementando un programa preventivo con la aplicación de los complementos lubricantes, al igual que un sistema de información que debe ser suministrado periódicamente al SDA (secretaría distrital de ambiente). La implementación de estas medidas por parte de los propietarios y operadores de vehículos no son de carácter obligatorio, hasta el momento son acciones en las cuales se involucran las personas y empresas de manera voluntaria.

El presente proyecto valida esta tesis en una muestra establecida para 20 vehículos de un Administrador de servicio público que opera en Bogotá.

## **2. Diseño Teórico**

### **2.1 Título de la Investigación**

**“EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EMISION DE GASES EN MOTORES QUE UTILIZAN COMPLEMENTOS LUBRICANTES, EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.”**

### **2.2 Formulación del Problema**

**Planteamiento de la pregunta o problema de investigación.** El proyecto orientaría la aplicación de estos complementos lubricantes con base en nanopartículas, A VEHICULOS DE SERVICIO PUBLICO CON PARAMETROS SIMILARES DE FUNCIONAMIENTO con el fin de comprobar la minimización los efectos ocasionados al medio ambiente por la reducción de niveles de contaminación y polución, generados por la emisión continua de gases producto de la combustión, de acuerdo con el argumento que afirman los fabricantes de estas sustancias.

De allí surge la pregunta:

**¿Cuál es el impacto ambiental generado por la emisión de gases en motores de combustión a gasolina de vehículos de servicio público de 1000 cc, que utilizan complementos lubricantes a base de nanopartículas, en la Ciudad de Bogotá D.C?**



## 2.3 Descripción del Área Problemática

**Descripción de la Población Afectada por la problemática.** Habitantes de los lugares y zonas (talleres, servitecas, concesionarios automotrices, entre otros), la Industria Automotriz en general y propietarios de todo tipo de vehículos a gasolina y en particular todos los habitantes de ciudades que respiran la emisión de gases de los automotores y en particular se verían beneficiados los propietarios de los vehículos que además de disminuir la emisión de gases al ambiente también prolongarían los periodos de reparación de motor ya que el desgaste disminuiría y en general toda la población por la disminución de residuos producto de estas reparaciones.

## 2.4 Objetivos

**2.4.1 Objetivo general.** Evaluar el impacto ambiental generado por la emisión de gases en motores, que utilizan complemento lubricantes, en la ciudad de Bogotá D.C.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los tipos de gases emitidos por los vehículos de motor a gasolina.
- Medir la concentración de los gases emitidos en las muestras sin complemento lubricante.
- Medir la concentración de los gases emitidos en las muestras con complemento lubricante.
- Comparar los valores de los gases emitidos en los vehículos de servicio público que utilizaron complemento lubricante versus los testigos.
- Verificar la eficacia de los complementos lubricantes a base de nanopartículas utilizados en una muestra de motores de combustión interna de vehículos de servicio público tipo taxi.

## **2.5 Hipótesis y Variables**

Si este tipo de producto es un aditivo para renovación de motores que contiene nanopartículas (activas de metal que circulan en el aceite si reaccionar ni interactuar con él y compatible con todo tipo de aceite) formando una película que soporta mayores temperaturas y, al mismo tiempo, no modifica la conductividad térmica de las superficies, lo que es fundamental para evitar el recalentamiento del motor, gracias a esta propiedad es que lo protegen y lo restauran renovando la geometría de las piezas hasta su tamaño de diseño eliminando el desgaste convirtiéndolo en una fase estacionaria, además economizando combustible, reduciendo el ruido y la vibración y se estima un aliado ideal para pasar las pruebas de análisis de gases, es aquí donde el producto se preocupa por la protección del medio ambiente y contribuye a la preservación de la misma. Intentando extender la vida útil de los motores, equipos y otros mecanismos. Permite la conservación de los recursos naturales, como la energía y reduce la contaminación de residuos y desechos sólidos, líquidos y gaseosos o compuestos orgánicos volátiles (VOC`s), tecnología de punta ésta que genera bajo consumo de energía y eficiente uso de desperdicios.

## **2.6 Técnicas e Instrumentos**

Se utilizarán entre otras la técnica de la NTC 4983 “calidad del aire: Evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina. Método de ensayo en marcha mínima –ralentí- y velocidad crucero y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación”.

El decreto 948 del 5 de junio de 1995 define las fuentes móviles de la siguiente forma:

Fuente móvil: Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

Para ella se necesitará de un Analizador de gases modelo tipo B40-5030-10 BEAR – CARTEK con certificado de calibración reciente y vigente para reducir la incertidumbre en la medición, y se pueda llevar a cabo el procedimiento o el método aplicado en comparación directa, tomando como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 4983 Calidad del Aire y teniendo en cuenta las condiciones ambientales (Temperaturas y humedad inicial y final de la calibración).

Así mismo los Cilindros o elementos de gases patrón son calibrados por laboratorios acreditados nacional e internacionalmente con sus respectivas unidades, con el fin de asegurar la trazabilidad de la medición.

## **2.7 Impactos esperados a partir del uso de los resultados**

**2.7.1 Aspecto Científico.** El proyecto generaría nuevos conocimientos relacionados con el campo automotriz orientados a fundamentar el desarrollo de nuevos procedimientos para el mejoramiento de la eficiencia y rendimiento de un motor de un vehículo en pro del mejor aprovechamiento de la energía generada por el mismo y amigable con el medio ambiente

**2.7.2 Aspecto Técnico.** El proyecto proporcionaría nuevas técnicas de mejoramiento en el comportamiento y vida del motor de combustión interna, no solamente con vehículos de servicio público sino también con todo tipo de vehículos.

**2.7.3 Aspecto Ambiental.** Al lograr el proyecto un mejoramiento en la vida del motor y por consiguiente del lubricante. De otra parte al optimizar el desempeño de la combustión del motor se reducirán las emanaciones nocivas de gases a la atmosfera.

El proyecto orientaría la aplicación de estos complementos lubricantes con base en nanopartículas, con el fin de minimizar los efectos ocasionados al medio ambiente como la reducción de niveles de contaminación y polución, generados por la emisión continua de gases producto de la combustión, además de la disminución de la evaporación del lubricante debido al recalentamiento de sistema de lubricación.

**2.7.4 Aspecto Económico.** El proyecto al lograr una reducción en los periodos de recambio de lubricantes permitiría mostrar indirectamente la durabilidad de los motores reflejado en una disminución de los gastos generados por el mantenimiento del motor del vehículo.

**2.7.5 Aspecto Social.** El proyecto permitiría mejorar las condiciones económicas de los usuarios de vehículos que utilicen esta tecnología, además del aporte a la reducción general del impacto ambiental mencionado anteriormente, contribuyendo al mejoramiento de la problemática actual y calidad de vida.

**2.7.6 Aspecto Cultural.** El proyecto permitiría sensibilizar a las personas en cuanto al proceso de producción limpia. Teniendo en cuenta nuestra tradición en relación con la pertenencia a vehículos antiguos los cuales demandan una mayor atención en el mejoramiento de su desempeño ya que por su anterior tecnología de fabricación y su excesivo desgaste, sería muy pertinente la aplicación de esta alternativa.

### 3. Referente Teórico

#### 3.1 Generalidades

Las condiciones de operación de un motor de combustión interna (CI) están determinadas por cierta clase de parámetros como son: la calidad del combustible, la presión atmosférica, la altura sobre el nivel del mar, la temperatura del aire y la carga a la que el motor está sometido durante los períodos de funcionamiento. Estas variables pueden ser parametrizadas cuando se tiene una muestra considerable de vehículos que permita la repetitividad de las muestras, y en los cuales se pueda evaluar claramente condiciones anormales de operación. Estas pueden ser fácilmente detectadas a tiempo mediante la leve variación en los niveles de emisión de gases contaminantes.

Mediante el establecimiento de las condiciones dinámicas de flujo de aire y combustible en el motor (sistema de admisión de aire, sistema de ignición, sistema de Post-enfriamiento, múltiple de admisión, múltiple de escape) se establecen las condiciones particulares de operación de este tipo de motores.

La teoría disponible muestra que la realización de una prueba de análisis de gases indica cuál es el estado del proceso de combustión del motor y cuál es su desviación con respecto al valor ideal (valor estequiométrico).

## **3.2 Estructura del Proyecto**

Se especificarán diferentes temas que entrelazados muestran un panorama claro de los objetivos del proyecto.

Los temas más relevantes son:

- Motor de combustión interna, Partes del motor, combustible.
- Impacto ambiental de sustancias tóxicas, resultado de la combustión.
- Emisiones de un motor de combustión interna.
- Calidad del aire y normatividad ambiental nacional.

## **3.3 Motor de combustión interna**

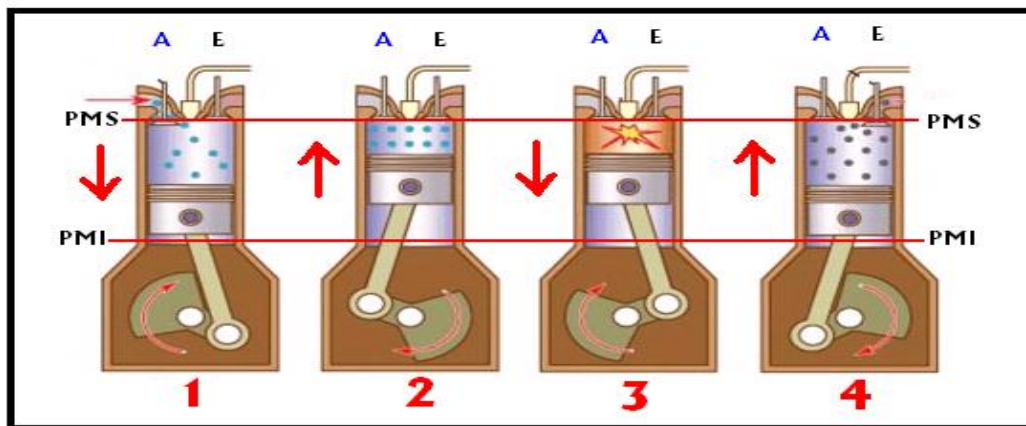
Un motor de combustión interna es básicamente una máquina que mezcla oxígeno con combustible gasificado (este combustible es suministrado desde la bomba de inyección y es previamente filtrado desde su ingreso al tanque de combustible pasando por un sistema de filtros los cuales evitan posibles impurezas). Una vez mezclados íntimamente y confinados en un espacio denominado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse (combustión).

Debido a su diseño, el motor, utiliza la energía química de las sustancias mencionadas anteriormente, sometiéndolas al calor generado por la combustión transformándola en energía térmica que a su vez es aprovechada para producir el movimiento giratorio que conocemos que no es más que energía mecánica.

La relación de compresión es el término con que se denomina a la fracción matemática que define la proporción entre el volumen de admisión y el volumen de compresión, permite medirla proporción en que se ha comprimido la mezcla de aire-combustible (Motor Otto) en estos motores oscila entre 9:1 y 12:1, es decir por cada 9 a 12 partes de aire existe 1 de combustible.

**3.3.1 Proceso de combustión.** En un motor de combustión interna es el proceso termoquímico que ocurre entre dos elementos, el aire que se encuentra en el ambiente (oxígeno 21% y 79% nitrógeno) y el combustible (aceite combustible para motor).

Este proceso no ocurre por si solo para lograr la combustión, el motor sigue la siguiente secuencia en cuatro tiempos o carreras del pistón:



*Figura 1. Carreras de motor (4 tiempos). STT de Bogotá*

- A : válvula de admisión.
- E : válvula de escape.
- PMS : punto muerto superior.
- PMI : punto muerto inferior.
- 1, 2, 3, 4 : tiempos del motor.

**3.3.1.1 Carrera de admisión (1).** Proceso en el cual el pistón pasa del PMS (punto muerto superior) al PMI (punto muerto inferior), válvula de admisión abierta (proceso de succión de aire), válvula de escape cerrada (evita salida de aire dentro de la cámara). La cámara de combustión se encuentra llena de aire tomado del ambiente más combustible dosificado.

**3.3.1.2 Carrera de compresión (2).** Proceso en el cual el pistón pasa del PMI (punto muerto inferior) al PMS (punto muerto superior), existe un aumento de temperatura al interior de la cámara debido a que el aire más combustible que se encuentra en el interior, se comprime. Válvula de admisión y de escape cerradas.

**3.3.1.3 Carrera de fuerza (3).** Proceso en el cual el pistón pasa del PMS (punto muerto superior) al PMI (punto muerto inferior), este paso lo logra debido a la contrapresión generada por la ignición instantánea de los componentes de la mezcla, gracias al aumento de temperatura generado por la presión para lograr la carrera de fuerza en el motor. Las válvulas de admisión y escape se mantienen cerradas.

**3.3.1.4 Carrera de escape (4).** Proceso en el cual el pistón pasa del PMI (punto muerto inferior) al PMS (punto muerto superior), Se abre la válvula de escape y salen todos los gases contaminantes producto de la combustión de la mezcla, generados por la explosión al interior de la cámara. La válvula de admisión permanece cerrada.

Para que se produzca la reacción de una manera efectiva el combustible debe someterse a una pulverización (proceso generado por los inyectores), la cual permite como fue nombrado anteriormente la ignición de la mezcla, una vez el aire al interior de las cámaras alcanza como mínimo 51°C de temperatura.

El combustible pulverizado reacciona en milisegundos, culminando el proceso de combustión.



Debido a que el proceso no es eficaz 100%, parte de los reactivos no se transforman en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, sino que se forman sustancias contaminantes que van al exterior en forma de emisiones.

Reacción estequiometría de la combustión:



IN                      OUT

En donde:

C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> : Combustible.

O<sub>2</sub> : Oxígeno.

CO<sub>2</sub> : Dióxido de carbono.

H<sub>2</sub>O : Agua.

R : Demás sustancias contaminantes

Q : Calor expulsado en el proceso.

Si cualquiera de las entradas varía en su proporción, es decir que la cantidad de oxígeno o combustible no cumple con la relación de compresión, las emisiones expulsadas varían significativamente, por ejemplo una mayor cantidad de combustible sobre una porción pequeña de aire nos da un comportamiento del motor alto en emisiones, debido a que no hay suficiente quema de los componentes, las cuales al ser expulsadas generan humos muy densos de contaminación alta.

En un motor de combustión interna, el aire y el combustible entran al motor donde se produce la combustión y de ahí se generan gases, los cuales son llevados a través del exhosto y algunas veces a través de un mecanismo de control como un catalizador. La combustión es una reacción química y como tal, es evaluada a través de parámetros de consumo de reactivos y

cálculos estequiométricos los cuales no son otra cosa que la estimación de las cantidades de todas las sustancias que participan en cualquier proceso o reacción química.

La relación de combustión estequiométrica es la proporción teórica y por lo tanto óptima entre la masa de aire y la de combustible, para obtener como únicos productos de combustión agua y dióxido de carbono, para motores diesel dicha proporción es de 14.5:1 y para motores con gasolina sin sistemas de control es de 14.7:1; en los motores modernos que cuentan con sistemas de control de emisiones y que funcionan con gasolina, la relación estequiométrica manejada no se define de acuerdo a la calidad de la combustión sino a la disminución en el oxígeno presente en los gases de combustión para disminuir la generación de los óxidos de nitrógeno.

De igual forma, existe otro parámetro para determinar la calidad de la combustión y se conoce como “factor lambda” y se denota por la letra griega ( $\lambda$ ); el factor mide “el grado de idealidad de la combustión”, ya que relaciona la cantidad de aire disponible para la reacción y la cantidad de aire teórica necesaria, estimada a través de cálculos estequiométricos (relación estequiométrica). En el caso en el que se llegue a dar una combustión ideal,  $\lambda$  toma un valor igual a la unidad (1.0) ya que la cantidad de aire disponible en la combustión sería igual a la cantidad de aire estequiométrica; por otra parte, cuando la mezcla de combustión es menor que uno ( $\lambda < 1$ ) indica que la cantidad de aire suministrada es inferior a la cantidad de aire requerida, luego se entiende que existe más combustible del estimado por la relación de combustión estequiométrica y por ende se define que la mezcla es “rica” en combustible; de manera análoga cuando  $\lambda > 1$ , existe mayor cantidad de aire en la mezcla de combustión que la requerida y por esta razón el combustible presente es inferior al estipulado por la relación estequiométrica, es entonces cuando se presenta una mezcla “pobre” en combustible.

El factor lambda ( $\lambda$ ) y la relación estequiométrica aire/combustible son parámetros decisivos en la cantidad de contaminantes emitidos por los vehículos.

Sin contar con los sistemas de control de emisiones en los motores de los vehículos más modernos, para mezclas ricas ( $\lambda < 1$ ) se tiene que:

- Se aumenta el contenido de CO en los gases de escape
- Se disminuye el contenido de CO<sub>2</sub>
- Se aumentan los hidrocarburos (HC) al haber un quemado incompleto del oxígeno
- Se disminuyen las emisiones de NOx

De igual forma, para mezclas pobres ( $\lambda > 1$ ) se tiene que:

- Se disminuye el contenido de CO en los gases de escape
- La concentración de CO<sub>2</sub> alcanza el valor máximo con un  $\lambda$  ligeramente superior a 1,

pero luego vuelve a disminuir

- La concentración de hidrocarburos disminuye hasta un  $\lambda$  de 1.2, sin embargo para mezclas muy pobres ( $\lambda > 1.2$ ) se pueden tener retrasos en la combustión y se aumentan los HC emitidos.

- Los NOx aumentan hasta un  $\lambda$  de 1.1 de ahí en adelante estos disminuyen puesto que se disminuye la temperatura de combustión aunque exista exceso de oxígeno en el escape.<sup>1</sup>

**3.3.2 Combustible.** Por medio de la destilación fraccionada del petróleo se pueden obtener diferentes tipos de combustibles de características muy diferentes entre sí, esto se debe a que los componentes al ser sometidos al proceso de destilación, poseen puntos de ebullición a diferentes temperaturas, entre este tipo se encuentra.

La gasolina también llamadas naftas, es el principal producto de la refinación del petróleo, corresponden a una mezcla de hidrocarburos utilizados como combustible en motores de combustión interna, obteniéndose este combustible entre los 40 y los 200°C.

La calidad de una gasolina o bencina utilizada en un motor de combustión (auto, avión) indica las cualidades antidetonantes de este combustible, La gasolina comercial es una mezcla de

hidrocarburos, y cuando se combina con aire y se comprime fuertemente tiene la tendencia a inflamarse en forma más bien explosiva. El agregado de pequeñas cantidades de algunos compuestos a la gasolina permite reducir notablemente las propiedades detonantes del combustible y, por lo tanto, la utilización de mayor compresión en los cilindros, lo que se traduce en mayor potencia para el automóvil.

Ciertas sustancias químicas que se encuentran en los combustibles pueden evaporarse fácilmente, en tanto otras pueden disolverse más fácilmente en agua.

Las características más importantes de la Gasolina se reportan en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Propiedades físicas de la gasolina**

Propiedades	Unidades	Valor específico
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	700-800
Densidad de vapor	Kg/m <sup>3</sup>	3.879 - 5.172
Punto ebullición	° C (K)	1.06-1.72 (274.06-274.72)
Coefficiente de reparto octanol/agua	Adimensional	2 - 7
Punto inflamación	° C (K)	1.07 (274.07)
Solubilidad	Sin unidad	0.0
Temperatura de auto ignición	° C (K)	1.90(274.90)
Límite de explosividad	% v/v en aire	1.3 – 7.1
Azufre total	% masa	0.1
Numero de octano	Sin unidad	97

*Nota.* Información extraída de (Ecopetrol, 2011). Es un indicador que es calculado, dependiendo del trabajo realizado por un motor, bajo unas condiciones estándar.

**3.3.3 Función del combustible.** El combustible en un motor produce energía química (cámaras de combustión) la cual es transformada en energía mecánica (cigüeñal, eje de levas, pistones). En un motor diesel cuando se atomiza y se mezcla este contenido con aire a alta presión al interior de las cámaras de combustión. Se inflama y la energía se desprende para empujar los pistones hacia abajo y hacer girar el cigüeñal. Un combustible ideal se quemaría por completo, arrojando como disposición final cero contaminantes debido a que toda esta energía desarrollada en el transcurso del proceso se aprovecharía al máximo, sin dejar residuos ni humo.

**3.3.4 Composición de los gases de escape de escape en un motor a gasolina.** Además de generar residuos altamente contaminantes (CO, HC y NO<sub>x</sub>) para el medio ambiente posee una característica en emisiones sólidas mínimas conocido como hollín, en forma de partículas de carbono, sobre todo cuando la combustión es incompleta, la cual afecta directamente la salud humana específicamente el aparato respiratorio. Si se comparan las emisiones generadas al ambiente entre un motor a gasolina y motor diesel, se comprueba que el motor diesel alcanza valores más bajos de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC). Mientras que las concentraciones de óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) son similares en los dos tipos de motores. Las concentraciones más altas en material particulado, corresponden al motor diesel. Las partículas sólidas, denominadas comúnmente hollín, constan de un núcleo de carbono puro, al que se hallan adheridos los siguientes componentes:

- Hidrocarburos (HC).
- Agua (H<sub>2</sub>O).
- Sulfato (SO<sub>4</sub>).
- Azufre y óxidos metálicos varios.

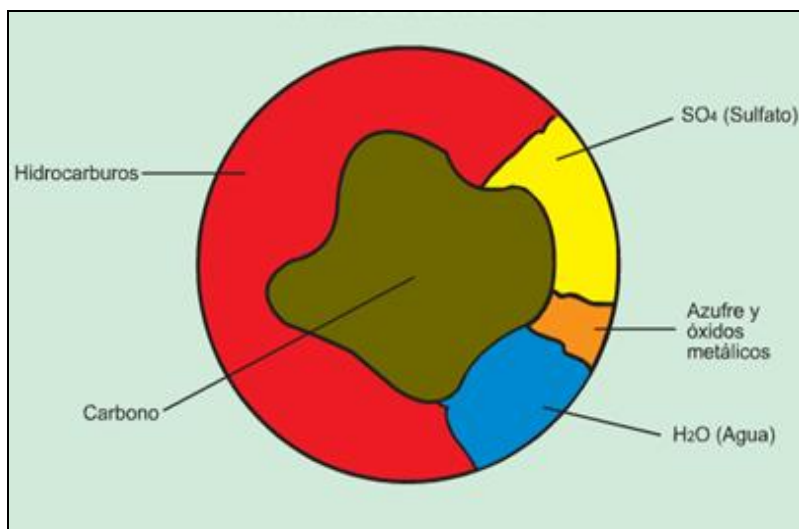


Figura 2. Partícula de hollín. Secretaría Distrital de Ambiente. (SDA)

Tabla 2. Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores de carburador
Monóxido de carbono, %	0,2	6
Óxidos de nitrógeno, %	0,35	0,45
Hidrocarburos, %	0,04	0,4
Dióxido de azufre, %	0,04	0,007
Hollín/ mg/l	0,3	0,05

Nota. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)

La toxicidad de los motores diesel principalmente se concentra en el contenido de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y del hollín (material particulado). En cambio en un motor a gasolina depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono (CO) y de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

**3.3.5 Impacto medio ambiental.** Las formas más importantes de acción del motor de combustión interna sobre el medio ambiente son:

- Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI (motores de combustión interna).
- Consumo de oxígeno contenido en el ambiente.
- Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al ser humano, la flora y la fauna.
- Emisión de sustancias que provocan efecto invernadero, gases que incrementan la temperatura de nuestro planeta.

### **3.3.6 ¿Contaminan o no contaminan los motores de combustión interna?**

Los motores de combustión interna generan tres contaminantes importantes: hidrocarburos, óxido de nitrógeno y monóxido de carbono. Los hidrocarburos reaccionan con los óxidos de nitrógeno a la luz solar y un clima templado para formar ozono a nivel del suelo.

Los óxidos de nitrógeno ayudan a formar la lluvia ácida. El monóxido de carbono es un gas mortal incoloro e inodoro que puede deteriorar las funciones mentales y la percepción visual, así como causar la muerte.

Aun que su contaminación ambiental se ve más por la típica emisión de esos gases, de acuerdo con estimaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos, de mantenerse las actuales tendencias en las emisiones de “gases del efecto invernadero”, la temperatura media global aumentaría a un ritmo de 0.3 °C por década. En consecuencia, se producirían incrementos en el nivel del mar de unos 20 a 50 cm para el año 2050, y de alrededor de 1 metro para el año 2100.

**3.3.7 Métodos de reducción de sustancias tóxicas.** Los métodos de reducción de la toxicidad y el humeado de los motores de combustión interna pueden ser:

- Monitoreo de las emisiones de gases de escape que permitan generar historiales de mantenimiento.
- Identificación de fallas concretas en donde se evidencien reducciones de los gases de escape.
- Sistemas de recirculación de los gases de escape y su neutralización.
- Estado técnico de los motores y su correcta regulación.
- Perfeccionamiento de los procesos de formación de la mezcla (aire-combustible).
- Combustibles mejor refinados que disminuyan las partes por millón de azufre. Presente en la destilación del petróleo.

**3.3.8 Descripción de las emisiones de un motor de combustión interna.** A continuación se mencionan algunos de las sustancias que son resultado de la combustión en un motor a gasolina.

- **Monóxido de carbono (CO):** El monóxido de carbono, es un gas inodoro, incoloro, altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. es resultado del proceso de combustión y se forma siempre que la combustión es incompleta, Se produce cuando se queman materiales combustibles, como el ACPM, entonces surge el CO (monóxido de carbono) y consiguientemente aparece O<sub>2</sub> (Oxígeno) y HC (Hidrocarburos). Estas emisiones contribuyen significativamente a la contaminación del aire, los tóxicos del aire y gases de efecto invernadero.
- **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Es un gas no inflamable, inodoro, incoloro, gas de efecto invernadero ligeramente ácido, es aproximadamente 1.5 veces más pesado que aire, es un



asfixiante simple, se producen síntomas solo cuando su concentración es tan alta que desplaza el oxígeno que se necesita para soportar la vida, se puede estar expuesto a una concentración del 10 % de  $\text{CO}_2$  durante pocos minutos sin que tenga consecuencia. Entre 12 y 15 % en el ambiente causa inconsciencia rápidamente, 25 % de concentración puede causar la muerte después de varias horas de exposición. Se produce cuando la combustión es completa, donde el combustible y el oxígeno se queman totalmente produciendo solo  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) y  $\text{H}_2\text{O}$  (agua).

- **NOx:** Es la combinación entre el oxígeno y el nitrógeno, es producto de la combustión a altas temperaturas, es un gas que en concentraciones elevadas puede causar la muerte en el ser humano.

- **Óxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ):** El óxido de azufre es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. En agua se disuelve formando una disolución ácida (lluvia ácida), va ligado a la calidad del combustible obtenido por destilación.

- **Óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ):** El óxido de nitrógeno, es un compuesto químico de color marrón u amarillento, Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los camiones diesel y las plantas eléctricas.

- **Oxígeno ( $\text{O}_2$ ):** Gas incoloro, inodoro (sin olor) e insípido, agente oxidante que acelera vigorosamente la combustión, Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape.

- **PM10:** Material particulado sólido o líquido de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde a la milésima parte de 1 milímetro). asociado a partículas de carbono (hollín).

Las PM10 al ser inhaladas y al penetrar con facilidad a las vías respiratorias, causan efectos nocivos en la salud de las personas, específicamente en el sistema respiratorio. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar constituidas por elementos más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos), estas partículas producen cáncer.

- **PM2.5:** Material particulado que representa partículas de menos de 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico.

- **HC:** Los hidrocarburos no quemados, son moléculas de combustible parcialmente oxidados. Estos gases se deben a que por algún factor se impide que la mezcla se quemara correctamente dentro de la cámara de combustión (bujías, demasiado avance del encendido o tiempo insuficiente del mismo, baja compresión, mezcla pobre, etc.).

Las mezclas pobres (con exceso de oxígeno) provocan una velocidad de inflamación muy baja y por lo tanto no se produce una combustión correcta y por eso sale el combustible sin quemar (HC) por el escape.

Las mezclas muy ricas (con exceso de combustible), debido a la falta de oxígeno también producen una combustión incorrecta y generan combustible sin quemar, consumen combustible en exceso, ensucian las bujías y pueden aumentar el desgaste del motor.

La presencia de HC se detecta fácilmente por su característico olor y también son altamente tóxicos, considerados cancerígenos en algunos casos, ya que dentro de éstos se engloban las parafinas, olefinas, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, acetileno, etileno, hidrocarburos policíclicos, hollín, etc.

## Sistemas de Control de Emisiones



*Figura 3. Sistemas de control de emisiones. STT de Bogotá*

En la mayoría de los casos se piensa que las emisiones automotrices sólo provienen de los gases que salen por el tubo de escape, pero estos corresponden solo al 60% de la contaminación emitida por el vehículo, el porcentaje restante corresponde en un 20% a las emisiones evaporativas de los depósitos de gasolina, como el tanque de combustible y la cuba del carburador y en otro 20% a los residuos de la combustión que escapan de la cámara hacia el interior del motor y a los vapores del cárter (ver figura 3).

Los sistemas de control de emisiones vehiculares son clasificables en dos grupos tecnológicos: el primero de ellos, incluye modificaciones en la combustión y el segundo se basa en la utilización de tecnologías de post-tratamiento a los gases de combustión. Las modificaciones en la combustión alteran el ambiente durante la combustión del combustible en el motor para minimizar la producción de contaminantes, mientras que el post-tratamiento se refiere a la remoción de contaminantes en la corriente del exhosto: (Ministerio de Medio Ambiente, 2011)

Recirculación de gas de exhosto (EGR): Se utiliza para reducir la emisión de los óxidos de nitrógeno al bajar la temperatura de la cámara de combustión, evitando la combinación del nitrógeno con el oxígeno a altas temperaturas. Pude reducir los  $\text{NO}_x$  entre un 20 a un 50%.

Catalizador de 2 vías: Esta es la forma más antigua de control catalizador usado en los vehículos. Oxida el CO y los hidrocarburos (VOC) a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Puede reducir el CO y el VOC hasta en un 95%.

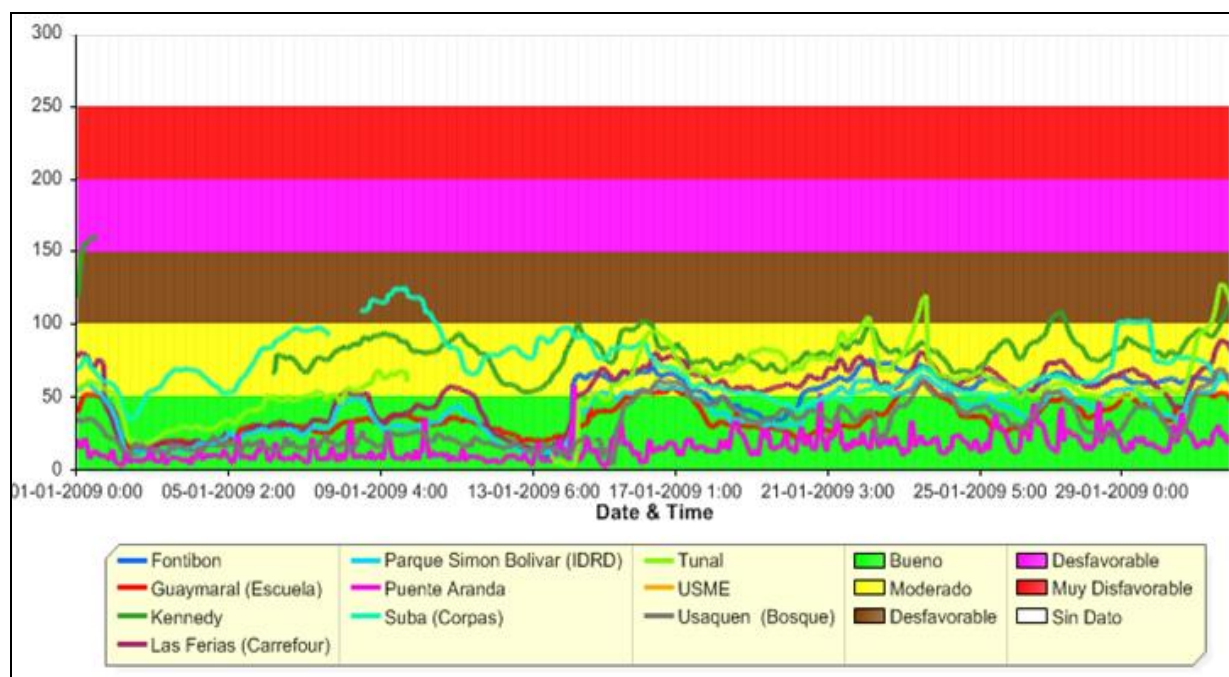
Catalizador de 3 vías: Esta es la forma moderna de catalizador. El convertidor catalítico de tres vías tiene una sección de oxidación que utiliza platino y paladio, más una sección de reducción que utiliza rodio para reducir los NO<sub>x</sub> a nitrógeno y oxígeno inocuos, y oxida el CO y los hidrocarburos de manera similar a un catalizador de dos vías. Puede reducir el CO y el VOC en un 99% y el NO<sub>x</sub> en un 95%

La función de un convertidor catalítico es la de evitar la salida de un gran porcentaje de gases contaminantes a la atmosfera generando en su interior una combustión a baja presión y por reacciones de catálisis químicas de sus componentes, específicamente evita la salida de más de un 90 % de CO, HC, y NO<sub>x</sub>.

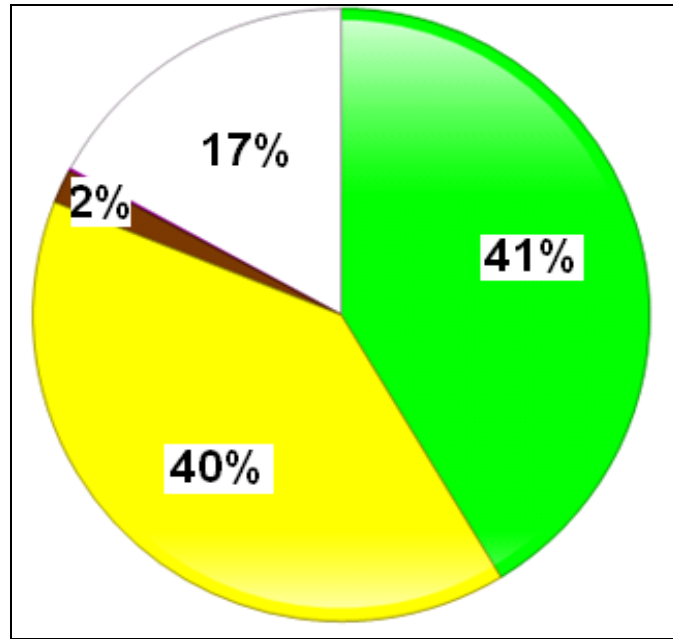
Para obtener niveles de emisiones bajos, es necesario mantener la correcta operación de los sistemas de combustible y encendido; no obstante esto no es suficiente, por lo cual se han diseñado sistemas de control de emisiones a fin de disminuir la carga de polución producida por los vehículos, ya que ésta alcanza aproximadamente el 70% de la contaminación del medio ambiente.

La función primordial de los sistemas de control de emisiones es la de disminuir la salida de los gases contaminantes, en unos porcentajes determinados por leyes expedidas para tal fin en cada país donde inclusive se especifica para cada ciudad.

**3.3.9 Índice calidad del aire.** La calidad del aire local afecta a las personas, situación que se incrementa con la variación del tiempo atmosférico, pues este puede cambiar de un día a otro o incluso de una hora a otra. La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y otras entidades trabajan para hacer que la información de la calidad externa del aire sea tan fácil de entender como los pronósticos del tiempo. Una herramienta clave es el uso de los Índices de calidad del aire que suministran información sobre los diferentes niveles de contaminación del aire y cómo el público puede proteger su salud cuando los contaminantes están cerca de límites peligrosos.



*Figura 4. Calidad del aire en la Ciudad de Bogotá.(se observa la zona de Puente Aranda como una de las más contaminadas de la ciudad).*Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).



*Figura 5. Gráfico circular. Calidad del aire en Bogotá. Descripción por colores de los índices de contaminación ambiental. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).*

El propósito de los Índices de Calidad del Aire (Air Quality Index), es entender qué significa la calidad del aire local en lo referente a la salud.

**3.3.10 Categorías de los Índices de Calidad del Aire.** Los índices vienen divididos seis valores (0-50, 51-100, 101-150, 151-200, 201-300, 301-500), dependiendo del nivel de toxicidad en el ser humano.

**Tabla 3. Categorías de Índices de Calidad de Aire.**

<b>Valor del índice</b>	<b>Nivel concerniente a la salud</b>	<b>Declaraciones preventivas</b>
<b>0-50</b>	<b>Bueno</b>	Ninguna.
<b>51-100</b>	<b>Moderado</b>	La gente extremadamente sensible debe considerar reducir la actividad física prolongada y pesada que esté haciendo al aire libre. Por ejemplo, niños con síntomas de asma y adultos con enfermedades, como hipertensión arterial, asma, y bronquitis crónica.
<b>101-150</b>	<b>Desfavorable para grupos sensibles</b>	Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, deben reducir los esfuerzos prolongados o pesados que realizan al aire libre, sobre todo niños y adultos mayores de 60 años.
<b>101-150</b>	<b>Desfavorable para grupos sensibles</b>	Personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, deben reducir los esfuerzos prolongados o pesados que realizan al aire libre, sobre todo niños y adultos mayores de 60 años.
<b>151-200</b>	<b>Desfavorable</b>	Los niños, los adultos activos y personas con enfermedades respiratorias, deben evitar realizar actividades prolongadas o pesadas al aire libre. Se debe reducir la actividad que se esté practicando al aire libre.
<b>201-300</b>	<b>Muy desfavorable</b>	Los niños y los adultos activos, y la gente con enfermedades cardíacas o pulmonares, especialmente los niños deben evitar la actividad fuerte o prolongada al aire libre.
<b>301-500</b>	<b>Peligroso</b>	Todas las personas deben evitar cualquier actividad física

*Nota: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).*

Es así como la compañía Ecopetrol Por medio de su Programa de Calidad del Aire busca fortalecer la gestión en esta temática en las principales ciudades del país a través de cuatro posibles líneas de acción:

1. Fortalecimiento de las redes de monitoreo de calidad del aire.
2. Educación ambiental.
3. Desarrollo de estudios sobre la contaminación atmosférica y sus impactos en la salud.

#### 4. Apoyo a programas de arborización urbana y recuperación de áreas verdes.

Para ello, Ecopetrol firmó con la Alcaldía de Bogotá y la de Medellín acuerdos a través de los cuales, entre otros objetivos, se busca desarrollar en conjunto proyectos de fortalecimiento en las cuatro líneas de acción mencionadas. (Ecopetrol, 2011)

**3.3.11 Inventario de Emisiones Atmosféricas.** En desarrollo del proceso de mejora continua del inventario de emisiones, durante el 2011 se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Pre-auditoria de verificación del inventario de acuerdo con los lineamientos y requisitos establecidos por el Estándar Internacional ISO 14064, que permitió identificar oportunidades y acciones de mejora al inventario, las cuales se desarrollaron durante el 2012.

Inclusión de nuevas operaciones en la estimación realizada para el año 2011

Ajuste de algunos factores de emisión

**Emisiones Atmosféricas de Gases Efecto Invernadero (GEI).** Durante el 2011 las emisiones estimadas de GEI fueron de 6.722 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>e (Ver Tabla 4), con un aumento del 17% respecto al año 2010, originado principalmente por la inclusión dentro del inventario de las emisiones generadas en la Gerencia Nororiental, gerencia que empezó a formar parte de las operaciones de Ecopetrol en junio de 2010.

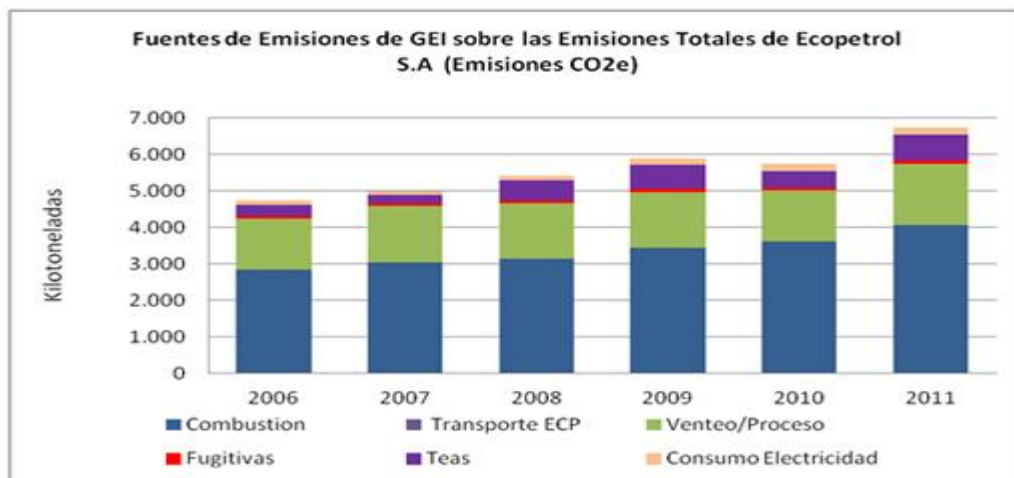
**Tabla 4. Emisiones anuales (Kilotoneladas) de GEI en Ecopetrol**

Tipo de fuente	Emisiones de CO <sub>2</sub> e (Kilotoneladas)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Directa/Scope 1	5.025	5.335	5.578	5.715	5.540	6.540
Indirecta/Scope 2	114	97	98	167	188	182
<b>Total</b>	<b>5.139</b>	<b>5.432</b>	<b>5.676</b>	<b>5.882</b>	<b>5.728</b>	<b>6.722</b>

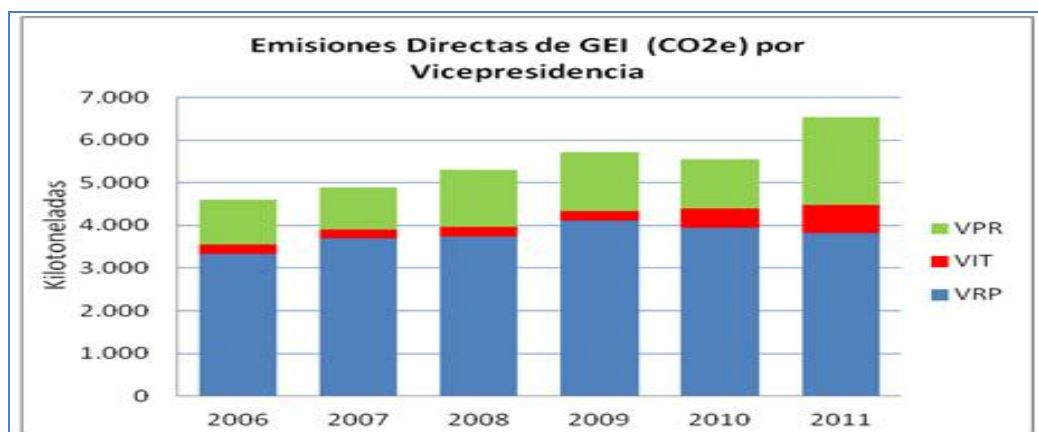
*Nota:* Corresponde a información inventariada para los tres primeros trimestres y promediada para el cuarto trimestre. Estos datos pueden cambiar una vez se cuente con la información definitiva. : (Ecopetrol, 2012).



En las siguientes gráficas se presentan los resultados del inventario por fuente de emisión (combustión, transporte, venteo/proceso, fugitivas, teas y consumo de electricidad), y las emisiones directas e indirectas por Vicepresidencia.



*Figura 6. Fuentes de emisiones de GEI sobre las emisiones totales de Ecopetrol S.A. (Ecopetrol, 2012)*



*Figura 7. Emisiones Directas de GEI (CO<sub>2</sub>e) por Vicepresidencia. (Ecopetrol, 2012)*



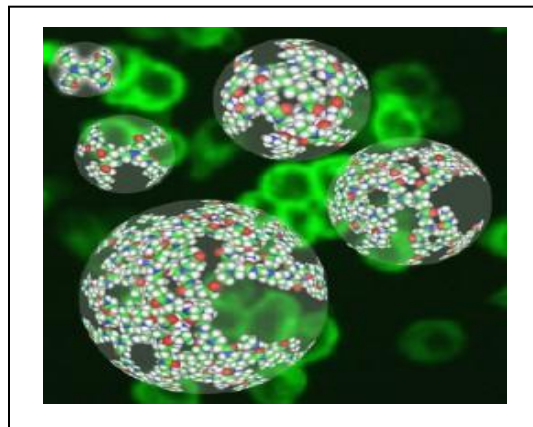
Figura 8. Emisiones Indirectas de GEI (CO<sub>2</sub>) por Vicepresidencia. (Ecopetrol, 2012)

**Nota aclaratoria:** se excluyen los datos correspondientes a la Tabla N° 4. Emisiones anuales (Kilotoneladas) de GEI en Ecopetrol; Figura 6. Fuentes de emisiones de GEI sobre las emisiones totales de Ecopetrol S.A. (Ecopetrol, 2012) y Figura 7. Emisiones Directas de GEI (CO<sub>2</sub>e) por Vicepresidencia. (Ecopetrol, 2012), para los años 2006, 2007 y 2008 ya que no existe ninguna relación entre los valores de los datos de la tabla con los valores reflejados en las gráficas mencionadas, además de la imposibilidad de determinar cuál de las dos fuentes (tabla y gráficas) es la que presenta el error.

### 3.4 Nanotecnología O Nanociencia

Es usada extensivamente para definir las ciencias y técnicas que se aplican a un nivel de nanoescala, se refiere a medidas extremadamente pequeñas "nanos" ( $10^{-9}$  m) que permiten trabajar y manipular las estructuras moleculares y sus átomos. En síntesis nos llevaría a la posibilidad de fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas.

**3.4.1 ¿Qué es un nanomaterial?.** El prefijo ‘nano’ se refiere a las dimensiones: un nanómetro (nm) es la millonésima parte de un milímetro (mm). Los nanomateriales son todos aquellos materiales que al menos en una de sus dimensiones son inferiores a 100 nm. El enorme interés creado por estos materiales tiene su origen en las propiedades que presentan, en general muy superiores, y a menudo diferentes, cuando se comparan con las de los mismos materiales a tamaños mayores. Esas propiedades se deben a tres características comunes a todos ellos: el pequeño tamaño de partícula, el elevado porcentaje de fracción atómica en un entorno interfacial y la interacción entre las distintas unidades estructurales. Sus posibles aplicaciones tecnológicas han provocado que la industria de todo el mundo intente actualmente capitalizar el uso de estos prometedores materiales. Muchos han sido ya obtenidos industrialmente (cerámicas, metales, aleaciones, semiconductores y ‘composites’), en la mayoría de los casos con un carácter experimental y de desarrollo. Pero existen también materiales nanoestructurados incorporados a algunos productos existentes en el mercado, como por ejemplo abrasivos para pulir, ignífugos, fluidos magnéticos, en grabación magnética, cosmética, etc.



*Figura 9. Nanopartículas.* (Canel, J, 2011)

**3.4.2 Nuevos Avances En Lubricación En Fullerenos Inorgánicos.** Actualmente se presentan nuevos recubrimientos y lubricantes por parte de TEKNIKER, basados en la incorporación de nanopartículas de fullerenos inorgánicos en capas duras, recubrimientos poliméricos, pinturas, grasas o aceites, para reducir la fricción y mejorar simultáneamente la resistencia al desgaste en componentes mecánicos de aeronáutica, automoción y máquina-herramienta. Es la más decidida apuesta que se lleva a cabo en estos momentos en Europa para el desarrollo de nuevos materiales avanzados capaces de aunar baja fricción con elevadas propiedades mecánicas y resistencia al desgaste, una tradicional demanda de la industria metalmeccánica.

Este Proyecto va a proporcionar a la industria nuevos materiales de recubrimiento y lubricantes basados en la incorporación de fullerenos inorgánicos en forma de nanopartículas, con el objetivo de reducir significativamente el desgaste y controlar la fricción, así como para extender la vida operativa, reducir los requisitos de mantenimiento y reducir el impacto medioambiental de una gama amplia de elementos mecánicos para los sectores aeroespacial, automoción, generación de energía y fabricación industrial.

### **3.5 Conceptos Básicos en Lubricación**

**3.5.1 Tribología.** Es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que da lugar al contacto entre dos superficies sólidas en movimiento.

**3.5.2 Fricción.** Efecto que proviene de la existencia de fuerzas tangenciales que aparecen entre dos superficies sólidas en contacto cuando permanecen unidas por la existencia de Esfuerzos normales a las mismas.

**3.5.3 Desgaste.** Consiste en la desaparición de material de la superficie de un cuerpo como consecuencia de la interacción con otro cuerpo.

**3.5.4 Adhesión.** Capacidad para generar fuerzas normales entre dos superficies después de que han sido mantenidas juntas. Es decir, la capacidad de mantener dos cuerpos unidos por la generación anterior de fuerzas de unión entre ambos.

**3.5.5 clasificación de los lubricantes según su origen.** Los lubricantes se obtienen a partir de la extracción del petróleo, dentro del proceso en el cual se obtienen diferentes sustancias para diferentes aplicaciones en la industria en general.

Uno de estos derivados es el aceite, que por obvia razón su origen es mineral.

A partir de residuos de este proceso obtienen los aceites sintéticos quienes se mezclan con otras sustancias de que lo hacen más complejo y demorado, razón por la cual es más costoso.

Otras sustancias que se obtienen del proceso de destilación del petróleo son los aditivos quienes están encargados de darle las propiedades y características para las diferentes aplicaciones en los diferentes sistemas del automóvil tales como aditivos antidesgaste, detergentes y dispersantes.

**3.5.6 Clasificación de aceites lubricantes para motores.** Para la aplicabilidad de esta ciencia en la industria automotriz se deben conocer y haber aplicado una serie de experiencias, para el manejo de cada uno de los diferentes sistemas del vehículo tales como sistemas hidráulicos, motores, combustible, lubricación, refrigeración entre otros.

Adicionalmente se aplicara la normatividad necesaria para la industria y así lograr conocer los componentes, dispositivos y fluidos que selecciono el fabricante para la operación de cada sistema automotriz por medio de diferentes pruebas de calidad.

Dicha normatividad es:

- ASTM: American Society for Testing and Materials

- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas Colombiana
- API: American Petroleum Institute.
- NFPA: National Fire Protection Association
- NDT'S: Non Destructive Test.
- SAE :( Society of Automotive Engineers) - Sociedad de Ingenieros Automotrices.

Además de los conceptos vistos anteriormente es importante tener en cuenta los otros fenómenos físicos y químicos importantes relacionados con los lubricantes tales como viscosidad, índice de viscosidad, color, componentes, gravedad específica, etc., así como diferentes test que se realizan para evaluar cualidades del lubricante en el momento de operación.

**3.5.7 Tipos de Lubricación.** Pueden distinguirse cuatro tipos de lubricación

- Lubricación por película fluida,
- Lubricación de límites,
- Lubricación sólida
- Fricción seca

De los tipos de lubricación que pueden presentarse, estas cuatro son en la mayoría de los casos las más importantes y por esto se les presta especial atención.

Todas o la mayoría de piezas importantes se hacen de metales, y no de vidrio, plástico u otro material, para que de este modo asegurar la resistencia y habilidad necesaria.

Las pruebas mecánicas dan la posibilidad a los ingenieros, diseñadores de establecer qué tipo de lubricación y en qué condiciones puede ser empleado.

Estas pruebas se emplean ampliamente para el control de calidad y de construcción de maquinaria.

El comportamiento físico de los lubricantes está definido por una diversidad de propiedades

**3.5.7.1 Lubricación por película fluida.** La lubricación por película fluida ocurre cuando las dos superficies están separadas por un fluido. La brecha entre las superficies es grande con respecto a las alturas de las asperezas, y en el caso ideal las superficies nunca entran en contacto una con otra sin que ocurra desgaste. Este caso ideal se considera como lubricación de película gruesa. El coeficiente de fricción está determinado por las propiedades del lubricante (su viscosidad) y se usa el término lubricación hidrodinámica para describirlo. Cualquier desgaste que ocurra es el resultado de la erosión, ya sea causada por el lubricante mismo o por partículas contaminantes en el fluido que actúan contra la superficie sólida. La maquinaria rotativa de alta velocidad muchas veces cae dentro de la categoría de película gruesa. La viscosidad del lubricante y la alta velocidad rotacional de la flecha causan la formación de una película gruesa de fluido la cual separa la flecha de sus cojinetes.

Las condiciones de operación y las propiedades de los lubricantes deben ser adecuadas para mantener la lubricación de película gruesa. Si la velocidad de la superficie o la velocidad de fluidos son demasiado bajas, entonces la acción hidrodinámica se deteriora. El resultado es una *lubricación de película delgada* que implica una reducción de la brecha y contactos ocasionales entre las asperezas altas de las dos superficies. El coeficiente de fricción aumenta, pero ahora es una combinación de fluido y de fricción metal con metal. Tenemos así el comienzo del desgaste convencional entre las superficies.

Conforme las condiciones se vuelvan más severas, los contactos entre las superficies aumentan, resultando una *lubricación de películas mixtas*. Esto ocurre cuando una fracción significativa de la fuerza normal es soportada por las superficies en contacto, el resultado es una mezcla de lubricación hidrodinámica y fricción de metal con metal. La fricción y el desgaste se incrementan en este caso. La formulación física del lubricante tiene importancia porque puede

formarse películas delgadas sobre la superficies, lo cual ayuda a limitar los contactos entre las superficies reales. La formación de estas películas superficiales representa una transición al segundo nivel de lubricación: lubricación de límites.

**3.5.7.2 Lubricación de límites.** Esta forma de lubricación se caracteriza por la presencia de capas limitantes que se forma en las superficies opuestas para soportar la fuerza normal y prevenir el contacto entre los metales. Las capas limitantes consisten en películas delgadas adheridas que se crean mediante la absorción de una o varias clases de lubricantes. Los lubricantes comunes de límites son los aceites tradicionales (aceites minerales y vegetales), grasas, ácidos grasos y jabones que forman una película resbalosa característica en la superficie. Estos son efectivos únicamente a bajo presiones y temperaturas.

La *lubricación a presión extrema* está relacionada estrechamente con la lubricación de límites. Como se podría sospechar, las capas limitantes formadas por los lubricantes tradicionales no prevalecen bajo altas temperaturas y presiones. En estas condiciones la capa limitante se rompe en los puntos altos de la superficie prometiendo el contacto entre metales e incrementando sustancialmente la fricción y el desgaste en estas zonas. Los lubricantes de extrema presión (EP) fueron desarrollados para solucionar este problema. Contienen compuestos de fósforo, cloro y azufre en un vehículo tal como aceite mineral, y están diseñados para reaccionar con las superficies del metal a altas temperaturas para formar películas de sales duras. Estas películas de sales tienen temperaturas de fusión relativamente altas, reduciendo a si el contacto directo metal con metal bajo condiciones extremas de operación.

**3.5.7.3 Lubricación sólida.** Implica el uso de un material sólido para reducir la fricción y el desgaste entre dos superficies en movimiento relativo. Podría considerarse como un caso especial de fricción seca. Algunos de los lubricantes sólidos son el grafito, el bisulfuro de molibdeno y el teflón. Se aplican en varias formas a las superficies a proteger incluyendo la



deposición como polvos secos engomado a la superficie y formado en la superficie por reacción química. La función del lubricante sólido consiste en separar las superficies móviles con una interface de bajo coeficiente de fricción y baja resistencia al corte, con estas características se reduce el desgaste de las superficies en contacto. El rango de aplicaciones de los lubricantes sólidos incluye altas temperaturas y presiones en ambientes químicamente reactivos y otras situaciones donde los lubricantes líquidos no son efectivos. Los sólidos algunos veces se hacen líquidas a las altas temperaturas en las que funcionan durante la aplicación.

**3.5.7.4 Lubricación Seca.** Es el caso de no lubricación. Las superficies interactúan directamente una con otra. La fricción y el desgaste son los más severos en el cuarto caso.

**3.5.8 Los lubricantes en la manufactura.** Todos los tipos de lubricación se aplican en la maquinaria utilizada en la mayoría de las plantas manufactureras. Nuestro especial interés reside en las procesos de manufactura mismo, para los cuales la función principal de los lubricantes es reducir la fricción y el desgaste entre las unidades de proceso (como herramientas corte, dados o moldes) y la pieza de trabajo. La dificultad es que los entornos en los que los lubricantes desempeñan su función son generalmente agresivos, caracterizados frecuentemente por grandes fuerzas, temperaturas elevadas y altas velocidades. En esta sección analizamos el papel de los lubricantes en la manufactura, principalmente los lubricantes para el trabajo de metales.

**3.5.9 Funciones de los lubricantes en el trabajo de metales.** La función primaria de un lubricante es reducir la fricción y el desgaste. Los lubricantes para el trabajo de metales deben satisfacer otras funciones dependiendo de los procesos en particular. Con base en la lista de Scheley, estas incluyen las siguientes: 1) separar las superficies de trabajo y herramienta, 2) proteger las superficies de la pieza de trabajo, 3) permanecer estable y duradero bajo amplias condiciones de procesamiento, 4) enfriar el trabajo y la herramienta, 5) ser inofensivo a los seres humanos durante su manejo y uso (no tóxico, no carcinógeno y no inflamable) y 6) ser económico.

**3.5.10 Tipos de lubricantes para el trabajo de metales.** Las funciones y atributos anteriores constituyen un conjunto exigente de especificaciones. Es difícil desarrollar lubricantes que satisfaga todos estos requerimientos. En la siguiente lista presentamos los tipos principales de lubricantes para la manufactura:

**3.5.10.1 Aceites minerales.** Se derivan de los hidrocarburos, petróleo crudo generalmente. Imparten una oleosidad característica a la superficie que proporciona lubricación de límites. Su utilidad es limitada., a menos que se mejore con otros ingredientes como se indica bajo lubricantes compuestos. Cuándo se incluyen esas composiciones, los aceites minerales se convierten en lubricantes más ampliamente usados en el trabajo de metales.



*Figura 10. Tipo de Lubricante.* Autores

**3.5.10.2 Aceites naturales, grasas y derivados.** Estos provienen de fuentes vegetales, animales y marinas. Sin duda fueron los primeros lubricantes que se usaron (el cebo, por ejemplo se usó en la antigua Roma). Los aceites son líquidos mientras que las grasas son semisólidas. Sus derivados incluyen ceras, ácidos grasos y jabones, todos ellos usados en operaciones de trabajo de metales.

**3.5.10.3 Fluidos sintéticos.** Se ha desarrollado una variedad de lubricantes sintéticos para aplicación en la manufactura. Algunos son similares a los aceites naturales, pero otros no tienen equivalentes naturales; incluyen ésteres sintéticos (establece a altas temperaturas) y compuestos de silicio (algunos se usan como lubricantes hidrodinámicos).

**3.5.10.4 Lubricantes compuestos.** Los lubricantes más comunes en esta categoría son los aceites mejorados con aditivos: 1) aditivos para límites como los aceites naturales, grasas y jabones que incrementan la lubricación de límites; 2) aditivos PE, compuestos de fósforo, cloro y azufre para lograr lubricación de extrema presión; 3) sólidos como el grafito y bisulfuro de molibdeno; 4) inhibidores de la oxidación y la corrosión; 5) agentes antiespumantes; y 6) agentes germicidas para prevenir el crecimiento de bacterias y otros organismos.

**3.5.10.5 Lubricantes acuosos.** Aunque el agua en sí es un lubricante pobre puede usarse como base para agravar varias sustancias que actúan como lubricantes. Aún más, el agua tiene excelentes propiedades térmicas para aplicaciones en el trabajo de metales, de ahí su utilización como refrigerante. Los tipos de lubricantes acuosos incluyen: 1) emulsiones o suspensiones de góticas de aceite mezcladas con agua; 2) fluidos o sustancias químicas disueltos en agua que le proporcionan características lubricantes; y 3) fluidos semiquímicos, que son combinaciones de emulsión y fluidos químicos.

**3.5.10.6 Recubrimientos y portadores.** Estos son productos sólidos o líquidos aplicados generalmente al material de trabajo. Incluyen 1) recubrimientos metálicos, por ejemplo, zinc, plomo y otros metales que suministran una capa de baja resistencia al corte; 2) recubrimientos de polímeros como el teflón que es aceitoso; y 3) vidrio, el cual se usa como lubricante en la extrusión en caliente el acero.

**3.5.11 Aditivos lubricantes.** Son sustancias que se adicionan con el fin de proteger al lubricante de cambios químicos, tal como la oxidación del aceite, proteger la maquinaria del ataque de los productos de la combustión y/o de las posibles fallas del combustible o lubricante y optimizar o añadir más propiedades físicas al lubricante, tal como mejorar la fluidez del aceite.

El principal objetivo del aditivo es cumplir la función mejorar las propiedades físicas y químicas del lubricante. (De Vita, Y, 1995)

**3.5.12 Complementos lubricantes.** Estas sustancias que también se agregan a lubricante del motor del vehículo tienen la función de proporcionarle propiedades físicas que no posee éste, tal como la adherencia produciendo una mejor estanqueidad en la cámara de compresión no permitiendo que se contamine con la mezcla de combustible-aire.

El 70% del desgaste producido por la fricción entre las paredes de los cilindros y los anillos del pistón ocurre en el encendido del motor, debido a que cuando este está apagado, el lubricante se escurre al depósito quedando secas y expuestas estas superficies y es justo ahí donde este tipo de sustancias se adhieren a las paredes del cilindro permaneciendo aun después de mucho tiempo de apagado el motor cumpliendo su función de reducir el desgaste normal.

Los complementos a base de nanopartículas penetran dentro de las microrugosidades de las paredes de las superficies metálicas evitando que estas entren en contacto directo y así disminuyendo en gran parte el desgaste además de darles un mejor sellado a las cámaras de compresión del motor.

### 3.6 Normatividad *ambiental* para Colombia

**Tabla 5. Jerarquía de normas ambientales en Colombia.**

<b>Título</b>	<b>Detalle</b>
<b>Constitución Nacional</b>	Constitución Política de Colombia.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones.
<b>Resolución 0005 de 1996</b>	Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.
<b>Decreto 02 de 1982</b>	Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas.
<b>Decreto 948 de 1995</b>	Normas para la protección y control de la calidad del aire.
<b>Decreto 02 de 1982</b>	se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 en emisiones atmosféricas.
<b>Decreto 2206 de 1983</b>	Por el cual se sustituye el Capítulo XVI, el control y las sanciones, sobre emisiones atmosféricas.
<b>Resolución 601 de 2006</b>	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
<b>Resolución 601 de 2006</b>	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de emisión, en todo el país.
<b>Resolución 0898 de 1995</b>	Por la cual se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles de los automotores.
<b>Resolución 0898 de 1995</b>	Artículo 8°. Límites máximos de emisión permisibles para camiones diesel. En la Tabla 5 se establecen los máximos niveles de opacidad que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor con motor diesel durante su funcionamiento en condición de aceleración libre y a temperatura normal de operación.

*Nota: Autores (normatividad colombiana).*

**3.6.1 Normas técnicas colombianas sobre impacto ambiental.** En sociedades como la colombiana, en donde la preocupación por el medio ambiente va en aumento, cada vez más personas tienen en cuenta el impacto

Ambiental generado por los vehículos automotores. Este aumento de la demanda por productos menos nocivos con los recursos naturales incentiva su Producción, con los subsecuentes beneficios para el ambiente y la sociedad en general. es por esto que como parte del proceso de implementación del Sello Ambiental Colombiano, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e ICONTEC -en su calidad de Organismo Nacional de Normalización- unimos esfuerzos para estructurar una normas y resoluciones tales como:

- Norma Técnica Colombiana NTC 5385 Centros de Diagnóstico Automotor. Primera actualización editada ICONTEC el 22 De Diciembre de 2006.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4983 calidad del aire. Evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina. Método de ensayo en marcha mínima - ralentí - y velocidad crucero y especificaciones para los equipos empleados. editada ICONTEC el 16 De Octubre de 2001.
- Resolución 910 (5 de Junio de 2008) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.

Algunas de las políticas ambientales, establecieron estrictas normas en relación con las emisiones de los automóviles, dentro las que se encuentran la utilización de gasolina con menor contenido de azufre.

La creciente preocupación mundial por el deterioro de la calidad del aire ha hecho que a través del tiempo se hayan generado leyes, protocolos ( Montreal 1987 y modificado

sustancialmente en 1990,1992,1997 y 1999, se establecieron metas de reducción de sustancias que agotan la capa de ozono en la estratosfera, como lo es CFCs, haluros, tetracloruro de carbono, y metil cloroformo, además el de KIOTO 1997, en busca establecer cuotas de reducción de seis gases precursores del calentamiento global: CO<sub>2</sub>, gas metano, óxido nitroso, HFC, hidrofluorocarbonos, PFC perfluorocarbonos, y SF<sub>6</sub> hexafluoruro de azufre), acuerdos multilaterales (cumbre de la tierra en Rio de Janeiro, compromisos políticos de diversos países en pro de mejorar la calidad de vida de las personas y revertir la continua degradación del medio ambiente) programas y estudios de tema

Colombia no es ajena a esta preocupación por los problemas ambientales, y en especial a la contaminación del aire, y desde 1967 el ministerio de salud y el centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS) con la colaboración de la organización panamericana de la salud (OPS) establecieron una red panamericana de muestreo normalizado de la contaminación del aire – REDPANAIRE (Korc, 1999).

Con los resultados obtenidos en de las mediciones realizadas el cual indicaban concentraciones altas de polvo sedimentado (70% y en suspensión (20%) así como el dióxido de azufre (28%) (Weitzenfeld, 1992).

Estas circunstancias promovieron la formulación de políticas y estrategias encaminadas a la prevención y control de la contaminación generada por fuentes móviles y fijas en la grandes ciudades colombianas: la Ley 23 de 1973 “Código nacional de los recursos naturales y protección al medio ambiente” con decreto reglamentario 2811 de 1974, la ley 9 de 1979 “Medidas sanitarias y establece mecanismos de control y prevención para las fuentes de contaminación”. Decreto reglamentario 02 de 1982 establecieron normas de calidad del aire y de emisión” con el control de la Secretaria de Salud de Bogotá (SSB) en ese entonces, posteriormente con la ley 99 de 1993, “ el Sistema nacional Ambiental - SINA” se crea el Ministerio del medio ambiente, que

más adelante expide el decreto 948 de 1995 reglamentando las medidas para la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire, mediante el cual se establecen normas y principios para la protección, prevención, control y atención de episodios de contaminación del aire generados por fuentes fijas y móviles.

En Bogotá el entonces DAMA – departamento administrativo del medio ambiente” expidió la resolución 1208 de 2003, con la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas.

El consejo nacional de política económica y social del país aprueba el documento CONPES 3344 de 2005, el cual contiene lineamientos para la formulación de las políticas de prevención y control de la calidad del aire y promueve la creación de la Comisión Técnica nacional intersectorial para la prevención y el control de la contaminación del aire (CONAIRE), la cual estimula la coordinación del diseño, implementación, seguimiento, evaluación y ajuste de políticas y estrategias nacionales en materia de calidad del aire.

Adicionalmente, se crea el subsistema de información sobre calidad del aire (SISAIRE) parte del sistema de información ambiental de Colombia (SIAC), como la principal fuente de información para el diseño, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la calidad del aire.

En el 2008 el entonces llamado ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, expide las resoluciones 9090y 910, en las que se establecen normas y estándares de emisión admisible de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas y móviles respectivamente reglamentados por los decretos 948 de 1995 y 02 de 1982.

Posteriormente, se expidió la resolución 610 del 2010 que modifica la resolución 601 de 2006, estableciendo niveles máximos permisibles más restrictivos para contaminantes criterio y contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos.



El protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, el subsistema de información de la calidad del aire SISAIRE y el protocolo para control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas se adoptan respectivamente con las resoluciones 650,651 y 760.

El índice de calidad atmosférica (AQI) representa una de las herramientas más efectivas para la simple interpretación del estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El comportamiento de un AQI se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud.

Este indicador fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, y en su última revisión de 1998 incluye seis contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)<sup>7</sup>, dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)<sup>8</sup>, partículas menores de 10 micras (PM10)<sup>9</sup>, partículas menores de 2.5 micras (PM2.5) <sup>9</sup> y Oxidantes (O<sub>3</sub>).



**Figura 11. Observatorio de calidad del aire y salud en Bogotá.** Autores

Es por esto que la contaminación atmosférica ha estado marcada en todas sus etapas temporales, por eventos, accidentes y episodios que han generado impactos negativos al ser humano y el medio ambiente. Originando el punto de partida para tomar conciencia sobre las

consecuencias a corto, mediano y largo plazo que causa la contaminación atmosférica, es así como se han desarrollado importantes avances en lo administrativo y en lo tecnológico, tales como instrumentos de control, mitigación y prevención de la contaminación atmosférica.

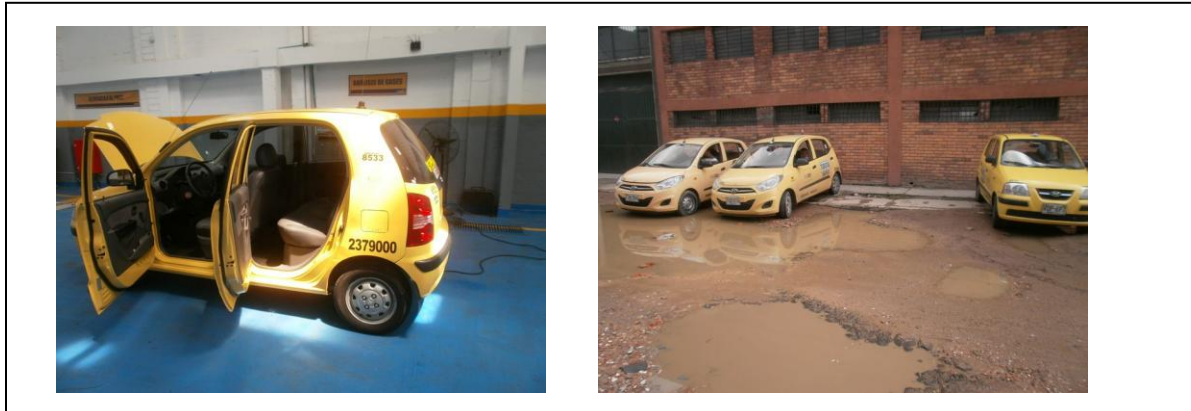
## **4. Diseño Metodológico**

### **4.1 Unidad de Análisis y Unidad de Trabajo**

Los vehículos de servicio público, son unos de los gremios de automotores más grandes y de uso más frecuente en Bogotá, de este gremio se establecen diferentes tipos de vehículos prestadores de este tipo de servicio por tal razón se seleccionó el de los taxis el cual fue un buen objeto de estudio por su aporte a la contaminación producida, para lo cual se recurrió a las bases de datos de las diferentes entidades (como las Administradoras de los mismos) para cuantificar un tipo de vehículo específico y seleccionar los que se identifiquen bajo las condiciones de funcionamiento más parecidas posibles, con la posteriormente escogencia de una muestra que se consideró como representativa pero teniendo en cuenta las dificultades tales como la disponibilidad y disposición de los propietarios, además de los costos que esto pudo causar, se estableció tentativamente diez vehículos para la aplicación del producto y diez más para comparación.

La población está delimitada a los vehículos con motor a gasolina que posean los 1000 centímetros cúbicos de cilindrada ubicados en la Ciudad de Bogotá.

El tipo de vehículos son taxis marca Hyundai Atos, preferiblemente modelos entre el 2006 a 2010 que tengan la mismas características y condiciones como kilometraje, modelo Y TIPO DE COMBUSTIBLE, con el fin de que sea lo más estándar posible, esta muestra probabilística se estableció en esa cantidad, por algunas variables como los costos de los productos y las mediciones, además de la consecución de los vehículos con las condiciones expresadas anteriormente.



**Figura 12. Tipo de vehículos seleccionados Hyundai Atos 1000 c.c modelos 2006 y 2010.**  
Autores

La Finalidad de la investigación se hará en el plano teórico-práctico; El aporte teórico podría ser el conocimiento logrado por la confirmación o no de la hipótesis explicativa o causal inicialmente propuesta en el proyecto; El aporte práctico sería, la reducción de emisión de gases nocivos al ambiente capitalino como parte de la solución al impacto ambiental generado por los automotores.

#### **4.2 Tipo de Investigación**

Investigación Aplicada con desarrollo tecnológico experimental.

El proyecto orientaría la aplicación de estos complementos lubricantes con base en nanopartículas, con el fin comprobar la minimizar los efectos ocasionados al medio ambiente, como la reducción de niveles de contaminación y polución, generados por la emisión continua de gases producto de la combustión.

De acuerdo al contenido de todos los elementos constituyentes del Proyecto se concluye que está relacionado con la investigación cuantitativa diacrónica y longitudinal porque se realiza durante un tiempo más o menos continuo.

También la investigación es de tipo experimental ya que existe un grupo experimental y uno de control a los cuales se les realiza mediciones antes (pre-test) y después (pos-test).

Para la comparación de los resultados a obtener se tiene como variable independiente el complemento lubricante, ya que es esta la característica que podría producir variaciones en cada resultado aplicado a un grupo experimental, durante un determinado tiempo, y cuyos parámetros serán comparados con el grupo de control, el cual permanecerá siempre como referencia.

### **4.3 Procedimiento**

La metodología realizada en el desarrollo del proyecto fue de carácter analítico y experimental ya que se llevó a cabo a través del seguimiento a vehículos de motores de combustión interna a gasolina de 1000 cc, a los cuales se les midieron los parámetros antes y después de aplicar el complemento lubricante a base de nanopartículas en la Ciudad de Bogotá D.C.

Estos parámetros son:

Análisis de emisión de gases (NTC 4983 “calidad del aire: evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina. Método de ensayo en marcha mínima –ralentí- y velocidad crucero”).



*Figura 13. Muestra extraída del Aceite usado.* Autores

La idea básica del test de seguimiento fue desarrollar una prueba sistemática, la cual consiste en analizar los datos obtenidos para determinar los impactos ambientales generados para cada caso en particular.

El propósito de la realización de esta investigación estuvo contemplada en dos aspectos fundamentales, a saber, básico y aplicado, enfocado a identificar y evaluar el impacto ambiental.

En la fundamentación básica se llevó a cabo toda la recopilación de información referente a los conceptos básicos y avanzados de nanotecnología y nanociencia aplicada a la parte automotriz; así, como también se identificó los posibles efectos en el medio ambiente de la aleación de nanopartículas utilizadas en los complementos lubricantes.

En la segunda parte se realizó la aplicación del complemento lubricante seleccionado en los motores de combustión a gasolina de los vehículos asignados para el estudio, lo cual se logró a través de una sustancia que fue introducida en el aceite que lubrica el motor, actuando sólo como medio para que las nanopartículas lleguen a la zona afectada y puedan cumplir los objetivos para los cuales fue diseñado o caracterizado el producto, con el fin de constatar y servir como soporte en la verificación de la medición parámetros de contaminación por la emisión de

los gases producto de la combustión propuestos por los fabricantes de estas sustancias.

Se llevó a cabo a través seguimiento a motores de combustión interna a gasolina de los vehículos seleccionados, a los cuales se les midió los parámetros antes y después de aplicar el complemento lubricante.

El plan de recolección de datos fue estructurado así:

- Identificación y selección de los vehículos de acuerdo a las condiciones establecidas anteriormente.
- Registro de medición de parámetros del motor antes del cambio de aceite tomado como punto de partida de toda la muestra, siguiendo los parámetros establecidos por las Normas de la Revisión Tecnomecánica de Automotores.
- Aplicación del complemento lubricante inmediatamente después del cambio de aceite que se tomara como punto de partida, a la mitad de la muestra, es decir el 50% de los vehículos.
- Registro de medición de parámetros de motor después del cambio de aceite para toda la muestra. El número de mediciones dependió del kilometraje recorrido del vehículo.
- Tabulación y análisis de la información basados en conceptos estadísticos (promedio, varianza, frecuencia y demás).

Las técnicas que se emplearon para el análisis de los datos fueron el comparativo descriptivo y los instrumentos utilizados para la recolección de información los datos generados por los equipos de medición de la calidad de los gases emitidos por los vehículos antes de cada 5000 kilómetros de uso, los cuales serán plasmados en una planilla por cada vehículo.

(Ver Anexo C)

**Tabla 6. Parametrización de variable para selección de la población y muestra**

Parámetros	
Modelo	2006-2010
Cilindraje c.c.	1.000
Marca	Hyundai - Atos
Actividad	Transporte
Combustible	Gasolina
Ciudad	Bogotá
Servicio	Publico

*Nota. Elaborado por los Autores*

Plan de trabajo de campo fue el siguiente:

**Consecución Vehículos.** Se determinó que la mayoría de los vehículos de servicio público taxis en la ciudad de Bogotá, son de la marca Hyundai Atos, por lo tanto se procedió a identificar de una gran base de datos (población) suministrada por administradoras de taxis (ADMIPUBLICO), la muestra problema (Ver Cálculo del Tamaño de la Muestra conociendo el Tamaño de la Población), encontrándose 20 vehículos en total con las características más semejantes posibles en cuanto a kilometraje recorrido, tipo de combustible, lubricante y modelo.



**Figura 14. Administradora de Taxis ADMIPUBLICO en Bogotá.** Autores



**Selección de Producto a Aplicar.** Se identificaron algunos complementos lubricantes en el mercado colombiano y se seleccionó un REMETALIZADOR de 4<sup>a</sup> generación compuesto a base de aleaciones metálicas de estaño, cobre y plata, de alta estabilidad encapsuladas en nano-esferas (se reserva el nombre del producto), las cuales especifican que actúan como reductores de los gases de escape del automóvil, por consiguiente se supone que habrá una disminución del impacto ambiental.

**Aplicación Producto.** Para un vehículo de 1000 cc como los seleccionados en la muestra, se requiere de una cantidad de 100 gramos del complemento lubricante, la cual se debe aplicar al primer cambio de aceite y posteriormente cada 90.000 Km. Esto se realizará a la mitad de los vehículos de muestra se les mezclará con el aceite del motor y los otros vehículos funcionaran en condiciones normales sin la aplicación del producto para hacer la comparación.

**Medición de Parámetros.** El análisis de emisión de gases. Se utilizó el método de Absorción infrarroja no dispersiva, el equipo analizador de gases se encuentra acompañado de los elementos del sistema de muestreo, tales como filtros de material particulado, filtros de retención de humedad, sonda de muestro, puntas de sonda sencilla y doble y que cumplan con las características descritas en NTC 4983” CALIDAD DEL AIRE. EVALUACIÓN DE GASES DE ESCAPE DE FUENTES MÓVILES A GASOLINA. MÉTODO DE ENSAYO EN MARCHA MÍNIMA - RALENTI - Y VELOCIDAD CRUCERO Y ESPECIFICACIONES PARA LOS EQUIPOS EMPLEADOS”

**Unidad de Trabajo.** La determinación del tamaño de una muestra estadística significativa, contenidas en una determinada población o universo, es una etapa importante antes de empezar una investigación, es la ocasión de determinar el grado de precisión del análisis (muchas veces viene afectado por el presupuesto, entre otros) y luego la debemos utilizar para calcular algunas variables claves del Proyecto.

Una parte fundamental de realizar un estudio estadístico de cualquier tipo es utilizar las propiedades y características de una muestra válida que permitan luego hacer afirmaciones que afectan o inciden sobre el conjunto de una población, grupo o universo en general.

**Cálculo del Tamaño de la Muestra conociendo el Tamaño de la Población.** La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando la población es finita, planteada por Fisher y Navarro (Autores de Estadística Inferencial y Descriptiva) es la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

Z = Nivel de confianza,

p = Probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = Probabilidad de fracaso

d = Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

El valor de **Z** se determina en función del porcentaje de confianza que se le otorga a la muestra, con el cual se quiere luego generalizar los resultados obtenidos: Estudiar toda la población considerada en el estudio implicaría, lo que generalmente es imposible de realizar ó bien ello tiene un costo muy alto. Entonces se acepta para una muestra determinada un grado de confianza menor, comúnmente este es de un 95%, se obtiene de la tabla de probabilidades Normal.

Algunos de estos valores son los siguientes:

**Tabla 7. Porcentaje de Confianza**

<b>Porcentaje de confianza</b>	62.27%	70%	80%	90 %	92 %	95 %	97.5 %	98 %	99 %
<b>Valor de Z</b>	1.0	1.1	1.28	1.645	1,75	1,96	2.24	2,33	2.576

*Nota.* Elaborado por los Autores

El porcentaje de error **d**, es el error que se está dispuesto a aceptar para estimar un determinado parámetro de la población o grupo estudiado. Comúnmente se acepta como porcentaje de error el 5 %.

El número de vehículos de servicio público taxis marca Hyundai Atos que tendríamos que estudiar para evaluar el impacto ambiental en la ciudad sería:

Para N= 4531

Seguridad = 95%;

Precisión = 5%;

Proporción esperada = asumamos que puede ser próxima al 5%; si no tuviese ninguna idea de dicha proporción utilizaríamos el valor  $p = 0.5$  (50%) que maximiza el tamaño muestral.

$$n = \frac{4531 \times (1.96)^2 \times 0.05 \times 0.95}{(0.05)^2 \times (4531 - 1) + (1.96)^2 \times 0.05 \times 0.95}$$

$$n = 71.84$$

Se requiere analizar a no menos de 71 vehículos para poder tener una seguridad del 95%

Por la buena cantidad de vehículos como muestra de estudio y la limitación de los recursos económicos, para asumir los costos generados por la adquisición del producto y del servicio de análisis de los gases y otros gastos derivados de estos, permite que a medida en que se disminuya el nivel de seguridad, se presentará un mayor error en el estudio de investigación, de todos modos se asume esta situación, por lo cual se estableció trabajar con un número de muestra

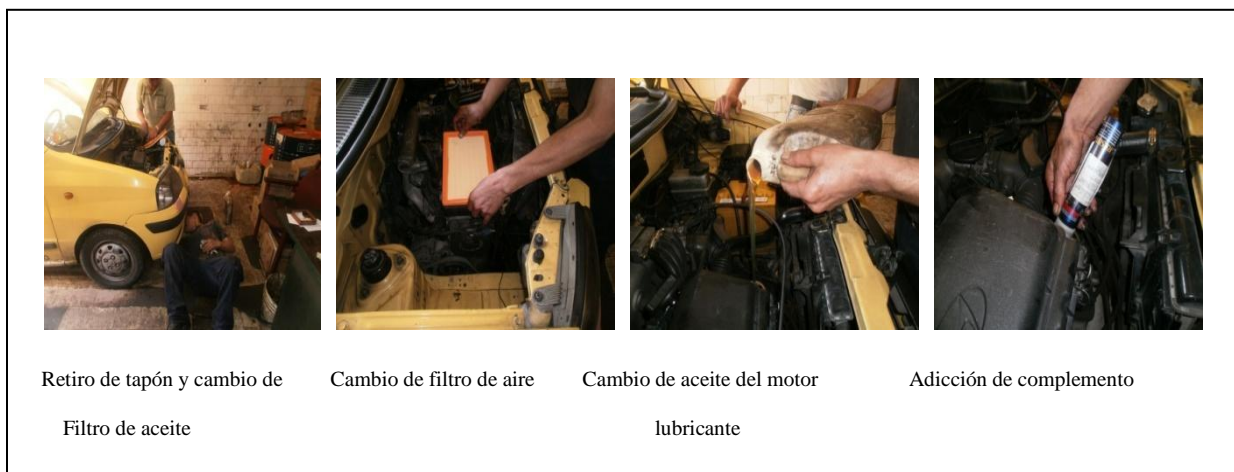
más reducido (20 vehículos, para realizar los ensayos), sacrificando un poco la confiabilidad de los resultados, disminuyéndose a aproximadamente al 70%. Como se muestra a continuación.

$$n = \frac{4531 \times (1.1)^2 \times 0.05 \times 0.95}{(0.05)^2 \times (4531 - 1) + (1.1)^2 \times 0.05 \times 0.95}$$

$$n = 20.8$$

**Tabulación de Datos.** Se realizaron las mediciones anteriores (de los 20 vehículos seleccionados como muestra problema de servicio público taxis marca Hyundai Atos de una administradora “Admipúblico” de los mismos.) después de cada cambio de aceite, durante 30.000 Km de recorrido del vehículo, cuyos datos se tabularan en una base de datos para su posterior análisis.

**Tiempo de aplicación de la prueba piloto y de la técnica.** El tiempo estimado para la aplicación de la técnica es que cada 15 días aproximadamente, se cambia el aceite de los vehículos en cuestión, cuando recorren aproximadamente los 5.000 km, por seis cambios nos permiten tener un espacio considerable para la medición de los parámetros establecidos.



*Figura 15. Paso a paso del cambio de aceite de un vehículo. Autores*

**Lugar de aplicación.** El CDA “La Sexta” destinado para realizar la medición de los parámetros en la ciudad de Bogotá D.C.



*Figura 16. CAD la Sexta en Bogotá D.C. Autores*

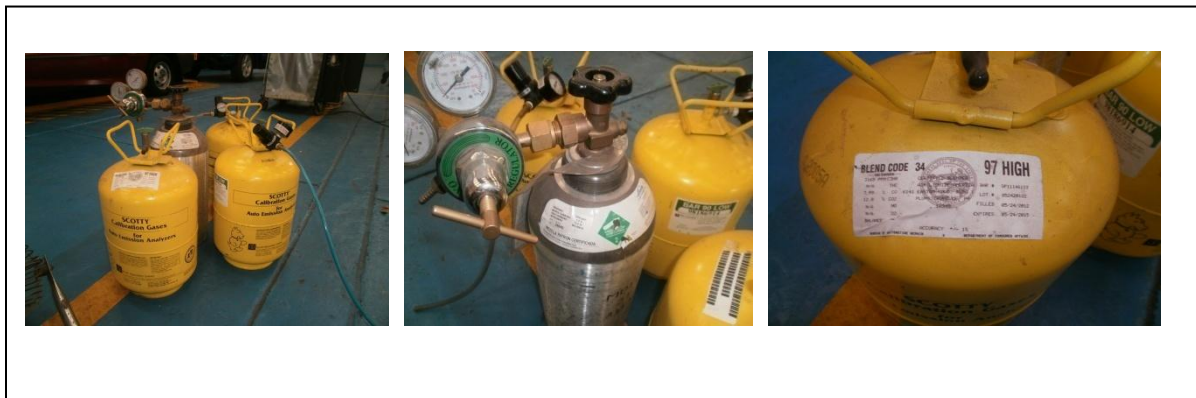
**Registro de ejecución.** Los certificados nacionales de los resultados de los análisis de gases, el resumen de cada vehículo se encuentra registrado en las tablas del anexo C.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información**

Se utilizaron entre otras la Norma técnica NTC 4983 “Calidad del aire: Evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina. Método de ensayo en marcha mínima –ralentí- y velocidad cruceo y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación”.

Para ella se necesitó de un Analizador de gases modelo tipo B40-5030-10 BEAR – CARTEK con certificado de calibración reciente y vigente para reducir la incertidumbre en la medición, y poder llevar a cabo el procedimiento o el método aplicado en comparación directa, tomando como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 4983 Calidad del Aire y teniendo en cuenta las condiciones ambientales (Temperaturas y humedad inicial y final de la calibración).

Así mismo los cilindros o elementos de gases patrón fueron calibrados por laboratorios acreditados nacional e internacionalmente con sus respectivas unidades, con el fin de asegurar la trazabilidad de la medición.



**Figura 17. Gases de calibración y mezcla patrón del analizador de gases. Autores**

Para la evaluación de los datos obtenidos en cada prueba se tuvo en cuenta la siguiente información: Si el automóvil fue producido entre año 1979 y año 1986 el límite máximo de las sustancias apartadas es: CO menos que, 4,5%, CH – 100 ppm. El porcentaje de oxígeno debe ser menos de 5%.

Desde 1986 hasta 1990 en la mayoría de los países las exigencias fueron elevadas: CO – 3,5%, CH – 600 ppm. Desde 1991 fueron establecidas las reglas nuevas para los automóviles con catalizador de gases de escape. Actualmente hay dos tipos de medición de nivel de escapes nocivos: de la marcha libre y de 2500 revoluciones por minuto. Con ayuda de catalizador de gases de escape, el nivel de escapes nocivos se redujo mucho, y por este motivo los coeficientes de límite de escapes nocivos se bajaron también. En la marcha libre de motor nivel de CO debe ser no más de 0,5 %, y nivel de CH no más de 100 ppm. En mismo momento el coeficiente de abundancia del aire  $\alpha$  debe ser entre 0,91 – 1,03.

Además nivel de oxígeno debe ser no menos de 0,5% y nivel controlado de CO<sub>2</sub> debe ser menos de 16.

**Tabla 8. Estadísticas**

Estadísticas	Cantidad	Fuente
Vehículos en Colombia	5.547.000	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568</a>
Vehículos públicos en Colombia	1.200.000	<a href="http://www.stcolombia.com/portal/f17/cuantos-carros-hay-bogota-19724/">http://www.stcolombia.com/portal/f17/cuantos-carros-hay-bogota-19724/</a>
Vehículos públicos en Bogotá	200.000	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568</a>
Vehículos públicos taxi en Bogotá	48.100	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568</a>
Vehículos públicos taxi Hyundai Atos en Bogotá	4.531	<a href="http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568">http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568</a>

*Nota. Elaborado por los Autores*

## 5. Estudio Económico

**Tabla 9. Estudio Económico**

<b>Datos</b>	<b>Inversión en pruebas y materiales</b>
ANALISIS DE GASES (Cantidad aproximada 120)	\$ 1.200.000
Complementos lubricantes	\$ 600.000
Papelería y fotocopias	\$ 300.000
Libros y revistas relacionados con desarrollo sostenible y medio ambiente, nanociencia, lubricación y tribología, normas Icontec de análisis de gases y otros, catálogos de lubricantes ,aditivos y complementos en general	\$ 600.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.700.000</b>

*Nota. Elaborado por los Autores*



## 6. Análisis de Resultados

Entre los meses de agosto y Diciembre de 2012, se aplicó el complemento lubricante a 10 de los 20 vehículos a los cuales se les hizo el primer análisis de gases que es el punto de partida para realizar la comparación entre los que tienen el complemento lubricante y los que no lo poseen.

Entre las dos a tres semanas siguientes de la aplicación del complemento lubricante, se realizó el primer cambio de lubricante a los primeros vehículos realizando nuevamente el análisis de gases, datos que actualmente se tienen archivados para su posterior análisis; a la fecha se tienen 120 resultados de análisis de gases de los 20 vehículos seleccionados, ya que este se debe realizar cada 5.000 kilómetros y en cada cambio se hace el análisis de gases.

La siguiente tabla muestra el avance de recolección de información para el posterior análisis.

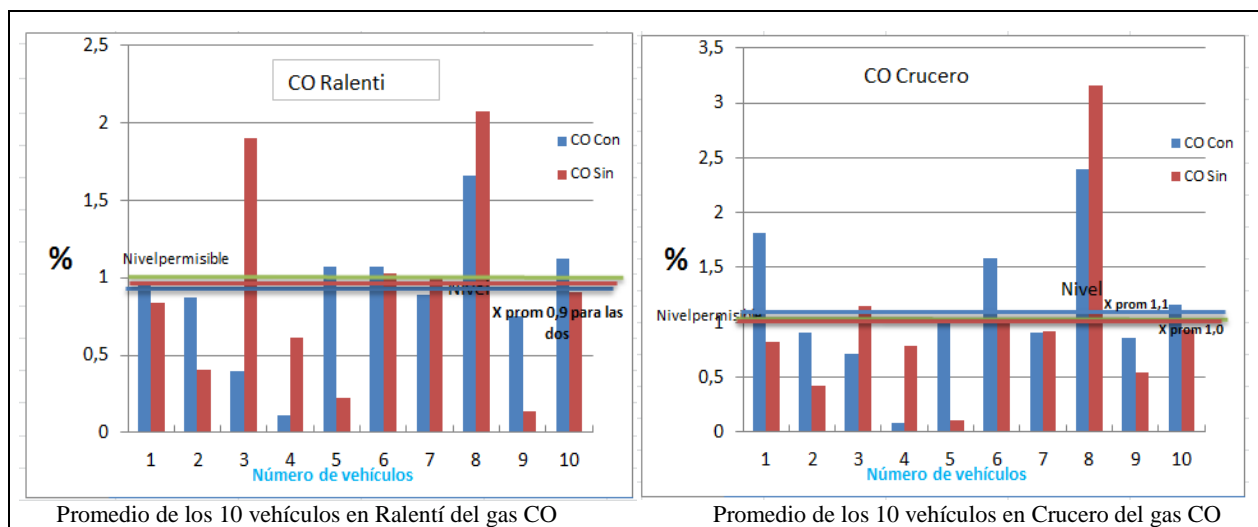
**Tabla 10. Avance en la recolección de la información**

Total vehículos	20
Nº análisis por vehículo	6
Total análisis	120
Análisis realizados actualmente	120
Porcentaje de avance	100

*Nota. Elaborado por los Autores*

El análisis a realizar es el de la medición y comparación de los niveles de CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y HC emitidos al ambiente en cada una de los controles realizados en el CDA.

**Análisis de la emisión del gas CO de los vehículos seleccionados promedio con y sin complemento lubricante para cada régimen.**



*Figura 18. Promedios.* Autores

Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados que no se les aplicó el complemento lubricante, se encuentra oscilando muy cercanamente al límite máximo permisible ( $\leq 1,00\%$ ), se presenta mucha similitud en los mismos, presentando una distribución muy heterogénea, mientras que en los datos de los vehículos que poseen el complemento lubricante, siempre sobre pasan el límite permitido, mostrando una clara tendencia que el complemento lubricante no es efectivo en la operación, con el aumento de ese gas, se concreta combustión incompleta la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indican la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno que se corrobora con el análisis de las gráficas del gas  $O_2$ ; tanto para el motor en ralentí como en crucero.

Se evidencia que en el promedio de medición del CO, de la muestra de la última medición de los 10 vehículos en el estado ralentí tanto para los dos casos (con y sin complemento lubricante), se encuentran por debajo del límite permisible siendo una situación favorable para los

resultados esperados, mas no así para el estado crucero en donde la muestra con complemento permanece por arriba del límite permisible.

**Análisis de la emisión del gas CO<sub>2</sub> de los vehículos seleccionados promedio con y sin complemento lubricante para cada régimen.**

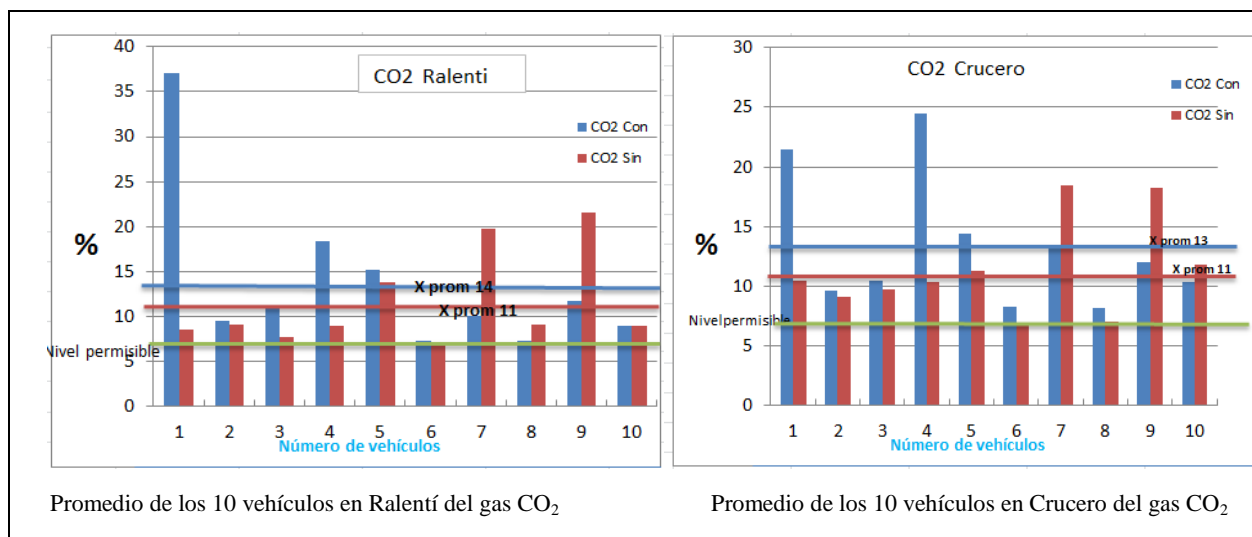


Figura 19. Promedios. Autores

Según las gráficas, las concentraciones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra por encima como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero ( $> = 7,00\%$ ), es notoria la similitud en las dos situaciones. Indicando que el complemento lubricante ayuda de manera algo significativa a mejorar esta emisión en cada uno de los estados.

Se evidencia que en el promedio de medición del CO<sub>2</sub>, de la muestra de la última medición de los 10 vehículos en el estado ralenti tanto para los dos casos (con y sin complemento lubricante) se encuentran por arriba del límite permisible siendo una situación favorable para los resultados esperados, presentándose la misma situación para el estado de crucero.

## Análisis de la emisión del gas O<sub>2</sub> de los vehículos seleccionados promedio con y sin complemento lubricante para cada régimen

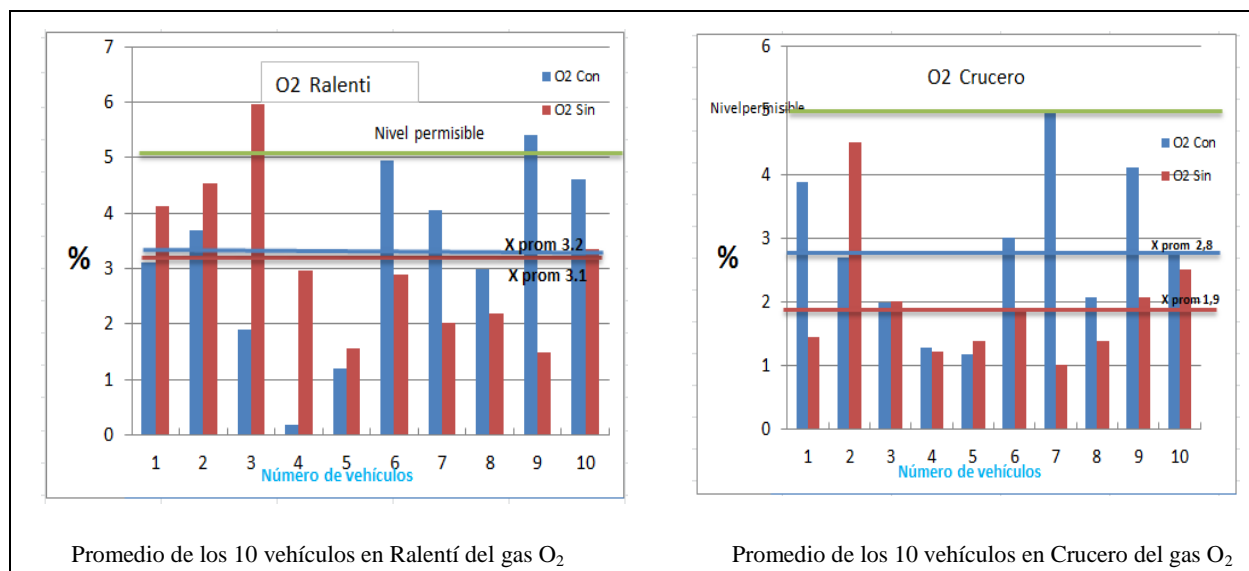


Figura 20. Promedios. Autores

Las concentraciones de Oxígeno (O<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados, se refleja nuevamente que están por abajo del límite permisible en estos estados Ralenti y Crucero (<= 5.00 %), solo cabe destacar que en todas la mediciones realizadas, los vehículos con aplicación del complemento lubricante, este no ayudó a mejorar la combustión pues como se evidencio en las gráficas anteriores, con la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO, se indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

Como el Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración aproximada del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

Se evidencia que en el promedio de medición del O<sub>2</sub>, de la muestra de la última medición de los 10 vehículos en los dos estados ralenti y crucero, tanto para los dos casos (con y sin

complemento lubricante) se encuentran por abajo del límite permisible siendo una situación favorable para los resultados esperados.

### Análisis de la emisión del gas HC de los vehículos seleccionados promedio con y sin complemento lubricante para cada régimen

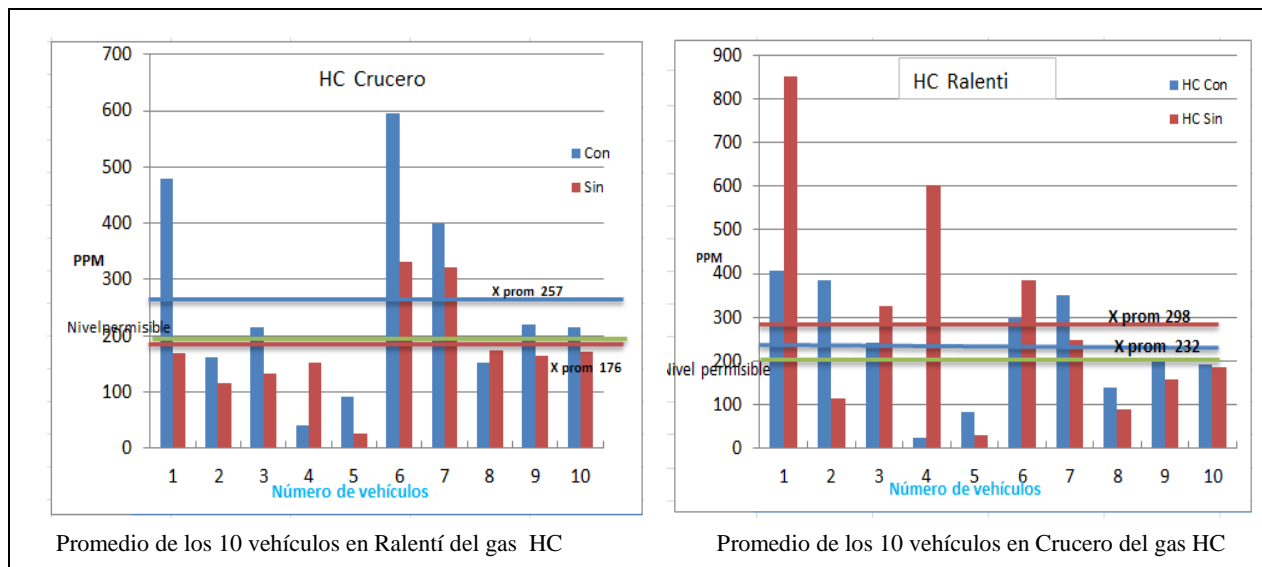


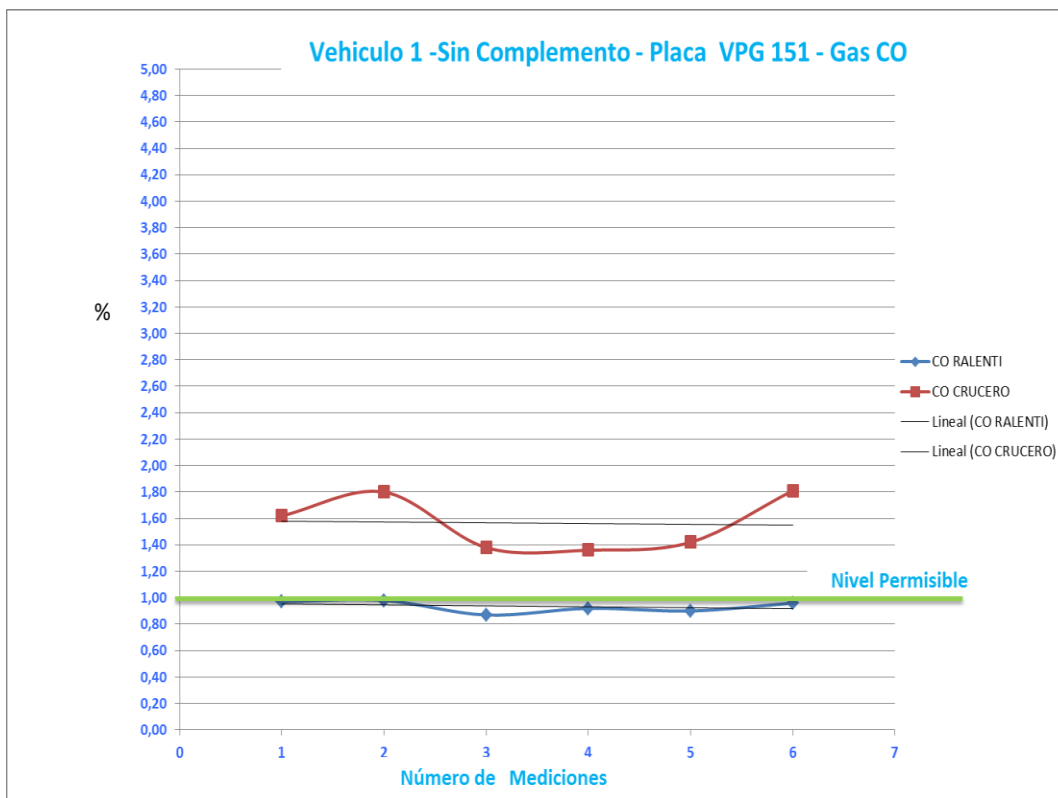
Figura 21. Promedios. Autores

Las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante en los dos estados ralenti y crucero, se encuentra muy irregular por arriba y abajo del límite máximo permisible ( $\leq 200$  ppm), su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, indicando nuevamente que no es benéfica tampoco para este caso la adición del complemento lubricante.

Se evidencia que en el promedio de medición de los HC, de la muestra de la última medición de los 10 vehículos en el estado de crucero, para el caso de la muestra con complemento se encuentra por arriba el límite permisible siendo una situación desfavorable para los resultados esperados, mientras que el caso de la muestra sin complemento permanece por debajo del límite permisible muy próximo a este; en estado de ralenti se evidencia que en los dos

casos con y sin complemento permanecen por arriba del límite permisible; en los dos estados la situación es desfavorable para los resultados esperados.

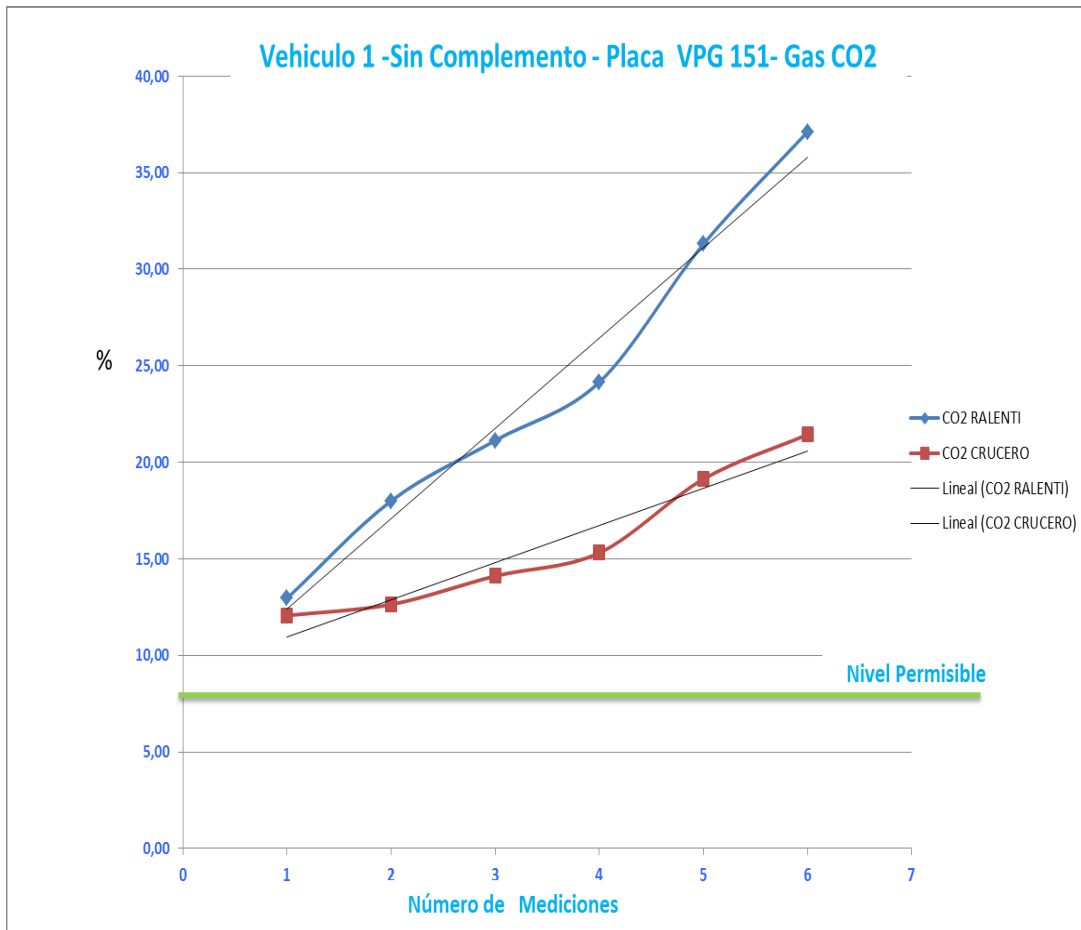
**Análisis de la composición de cada uno de los gases de emisión del primer vehículo seleccionado sin complemento lubricante, en cada uno de sus estados (Ralentí y Crucero)**



**Figura 22. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas CO. Autor**

Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en este vehículo seleccionado que no se le aplicó el complemento lubricante, se encuentra por debajo del límite máximo permisible ( $\leq 1,00\%$ ), se presenta mucha similitud en los mismos, presentando una distribución muy homogénea; se evidencia que el estado ralentí muestra mejor comportamiento que el estado crucero siendo ilógico ya que este último se caracteriza por generar una mejor combustión.

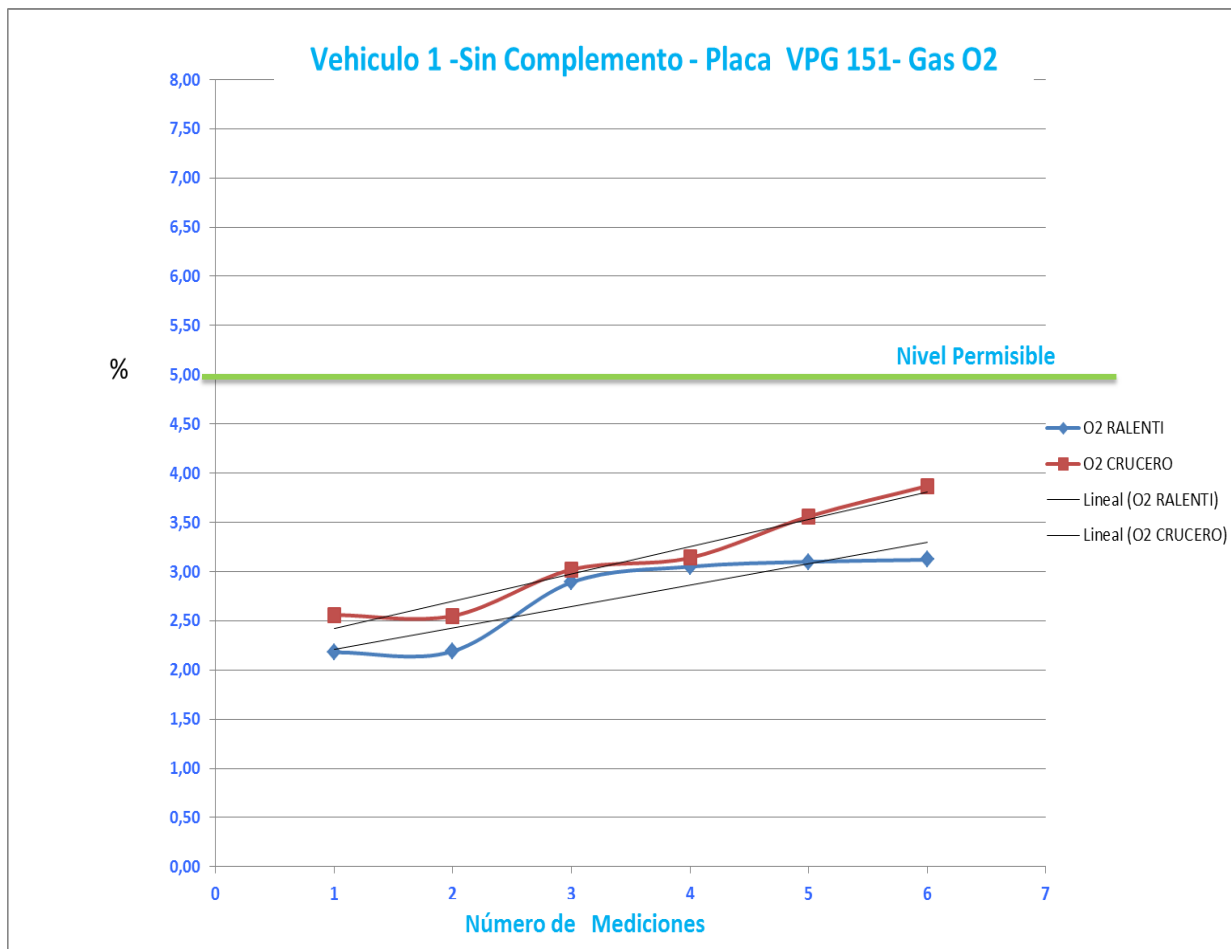
Se puede evidenciar que en los dos casos la tendencia del CO es a disminuir en función del tiempo, ligeramente más pronunciado en el caso del estado crucero.



**Figura 23. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas CO<sub>2</sub>. Autores**

Según la gráfica, las concentraciones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en el vehículo seleccionado sin complemento lubricante, en los régimen de Ralentí y Crucero, se encuentra por arriba como es lo permisible en estos estados ( $> = 7,00\%$ ), es notoria la leve ventaja en la condición ralenti. Indicando que el complemento lubricante no aporta ninguna mejoría en la emisión de este gas.

Se puede evidenciar que la tendencia del gas en los dos estados es a crecer lo cual es favorable de acuerdo con la especificación de la norma.



**Figura 24. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas O<sub>2</sub>. Autores**

En el caso de las concentraciones de Oxígeno (O<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en el vehículo seleccionado sin complemento lubricante, se aprecia que están por debajo como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero ( $< = 5.00\%$ ), solo cabe destacar que es mucho más notorio en el régimen crucero, pudiendo afirmar que el complemento no ayudó mejorar la combustión completa en este estado.

Se puede evidenciar que los niveles de O<sub>2</sub> tienden a crecer en los dos estados, acercándose cada vez más al límite permisible lo cual se considera como una situación desfavorable.



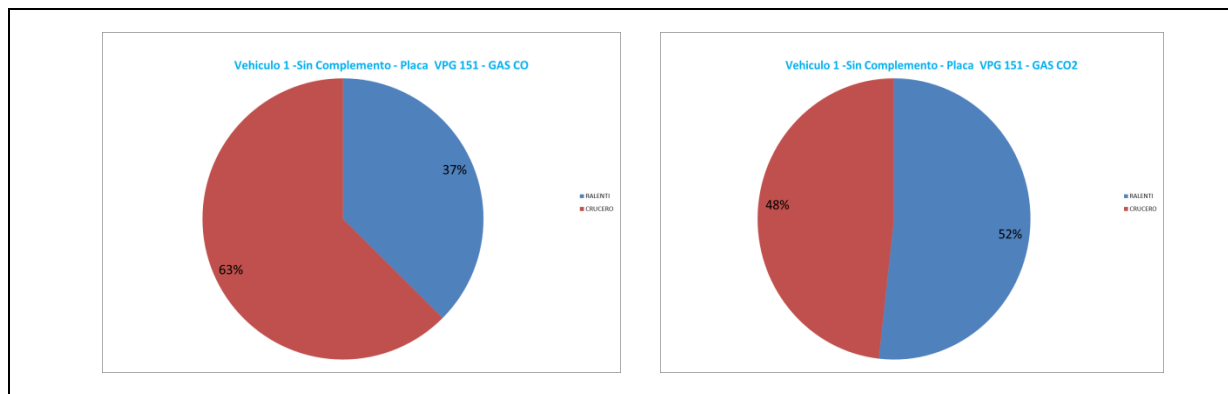


**Figura 25. Mediciones del vehículo 1, sin complemento – Gas HC. Autores**

Las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en el primer vehículo seleccionado en los dos estados, se encuentra de manera general por arriba del límite máximo permisible ( $\leq 200$  ppm), mostrando una clara tendencia que el complemento lubricante no es efectivo en la operación de cruce, aunque de todos modos se presenta combustión incompleta.

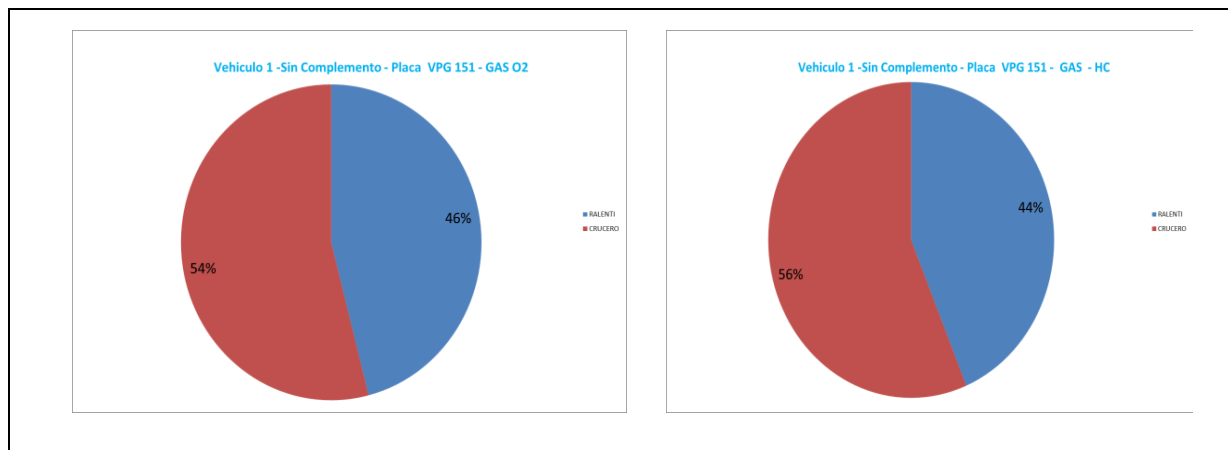
Se puede evidenciar que la tendencia de las concentraciones de HC es a aumentar en función del tiempo, en los dos estados, con lo que se puede deducir que el complemento lubricante no efectuó ninguna situación favorable para el ambiente.

**Análisis de la composición de cada uno de los gases de emisión del primer vehículo seleccionado sin complemento lubricante, en la primera medición (a los 5000 Km después del cambio de aceite) y en la sexta medición (a los 30000 Km después del cambio de aceite), y en cada uno de sus estados (Ralentí y Crucero).**



*Figura 26. Composición de los gases. Autores*

Para la medición inicial, según las gráficas, se evidencia que en el régimen crucero, la emisión CO en estado de crucero es superior al estado ralentí resultado ilógico ya que en estado de crucero la teoría supone mejor combustión y para el CO<sub>2</sub> se evidencia que es menor para el estado de crucero es menor la emisión de este gas siendo anormal ya que entre más completa se la combustión mayor es la generación de este gas.



*Figura 27. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 sin complemento, en la primera medición para cada estado Ralentí y Crucero. Autores*

Para la medición inicial, según las gráficas, se evidencia que en el régimen crucero, el  $O_2$  en es mayor que en el estado ralenti siendo esto normal y mostrando un mejor comportamiento en la combustión, mientras que para el HC no es normal que en estado de crucero se genere mayor concentración de este gas que en el estado de ralenti.

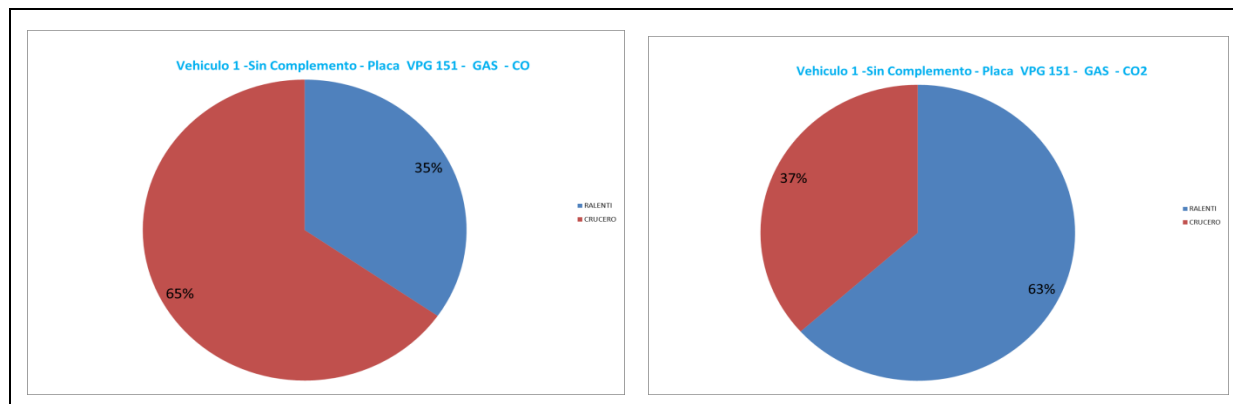


Figura 28. **Medición.** Autores

Para la sexta medición, según las gráficas, se evidencia que en el régimen crucero, la emisión CO en estado de crucero es superior al estado ralenti resultado ilógico ya que en estado de crucero la teoría supone mejor combustión y que además aumento con respecto a la primera medición, mientras que para el caso del  $CO_2$  se evidencia que es menor para el estado de crucero disminuyendo la emisión de este gas con respecto a la primera medición siendo anormal ya que entre más completa se la combustión mayor es la generación de este gas.

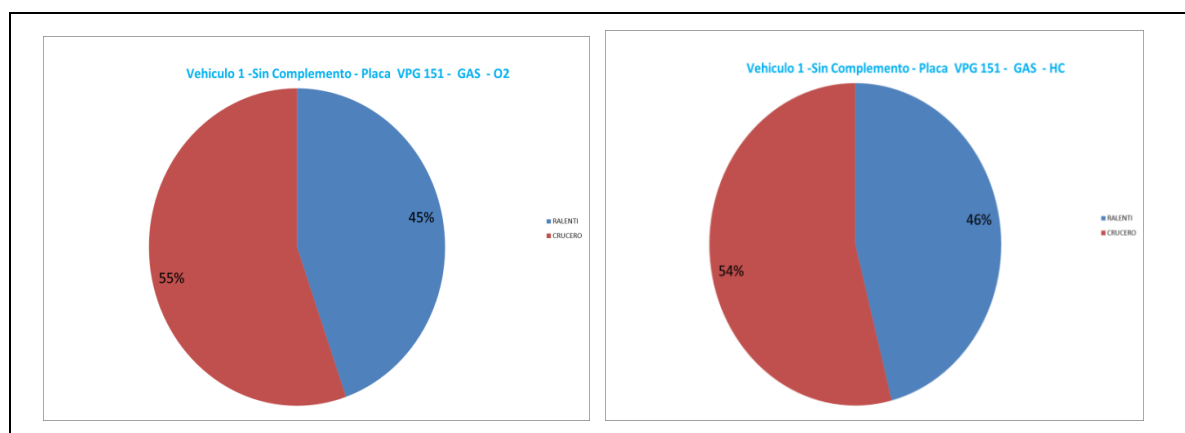
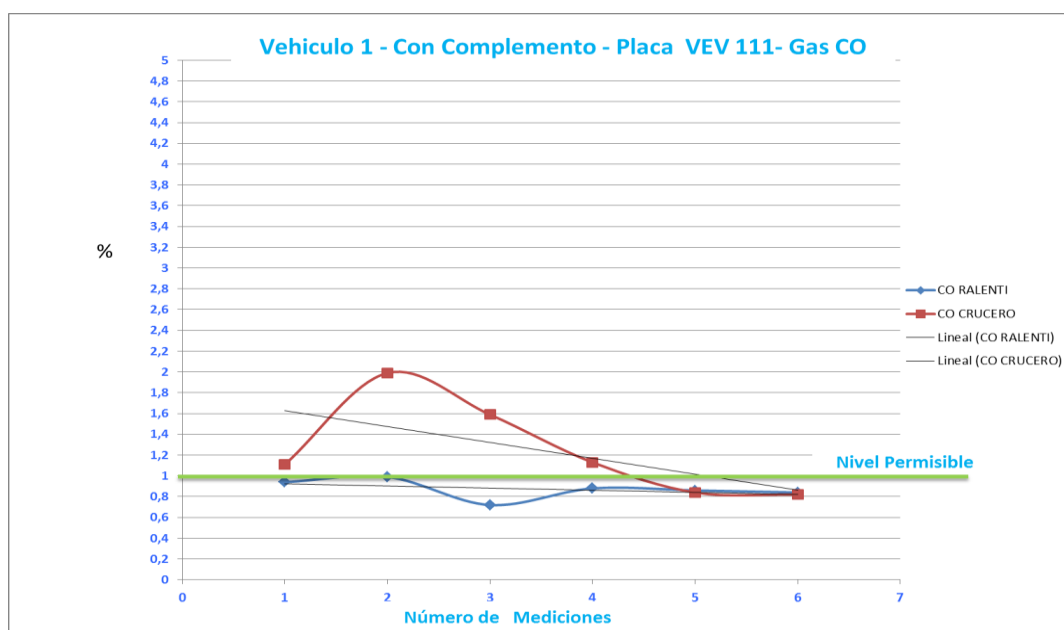


Figura 29. **Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 sin complemento, en la sexta medición para cada estado Ralenti y Crucero.** Autores

Para la sexta medición con respecto a la inicial, según las gráficas, se evidencia que en el régimen crucero, la emisión  $O_2$  es superior que en el estado ralenti pero que además aumento ligeramente siendo un resultado favorable; en el caso de la concentración de los HC comparando con el estado inicial se evidencia que disminuye levemente pero siguen siendo superiores al estado ralenti.

**Análisis de la composición de cada uno de los gases de emisión del primer vehículo seleccionado con complemento lubricante, en cada uno de sus estados (Ralenti y Crucero).**

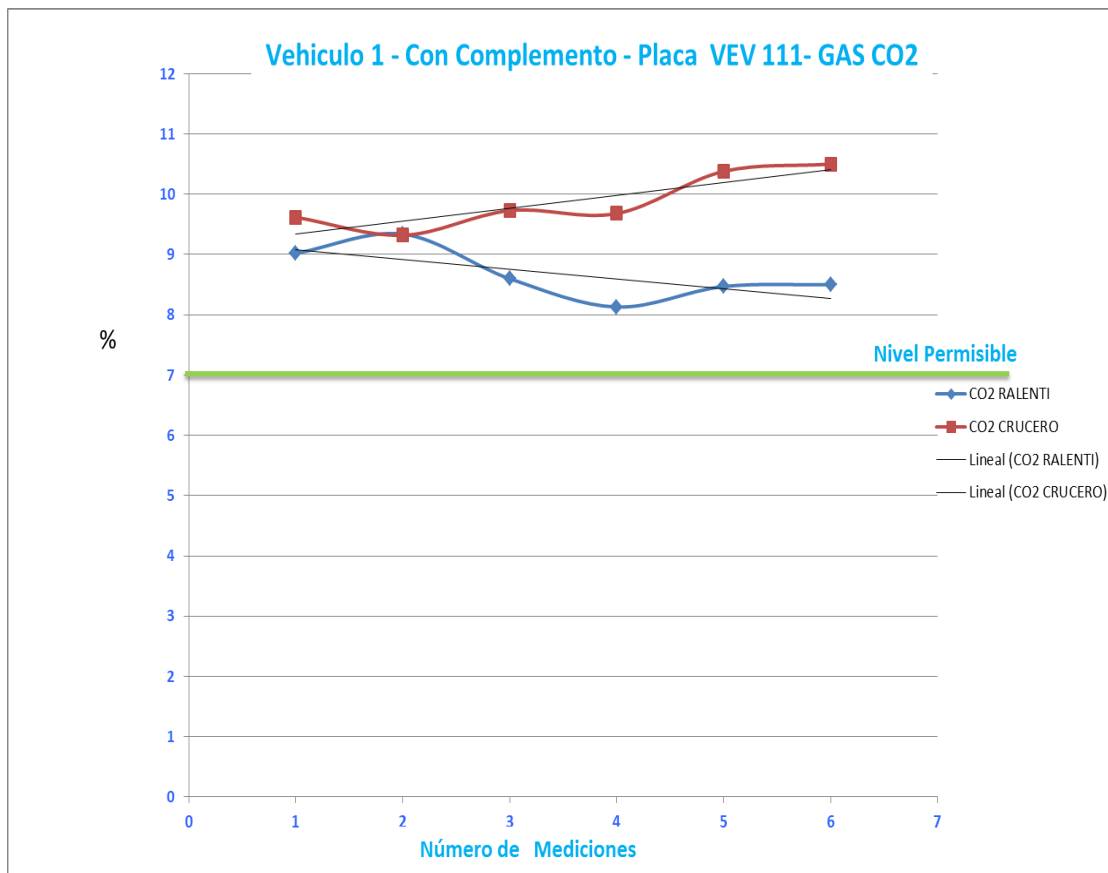


*Figura 30. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas CO. Autores*

Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en el primer vehículo seleccionado en el régimen de ralenti, se encuentra por debajo del límite máximo permisible ( $\leq 1,00\%$ ), se presenta mucha similitud en los valores, exhibiendo una distribución muy homogénea, mientras que en los datos del mismo vehículo para el estado crucero, siempre sobre pasan el límite permitido, mostrando una clara tendencia que el

complemento lubricante es efectivo únicamente en la operación de Ralentí, aunque de todos modos se presenta combustión incompleta.

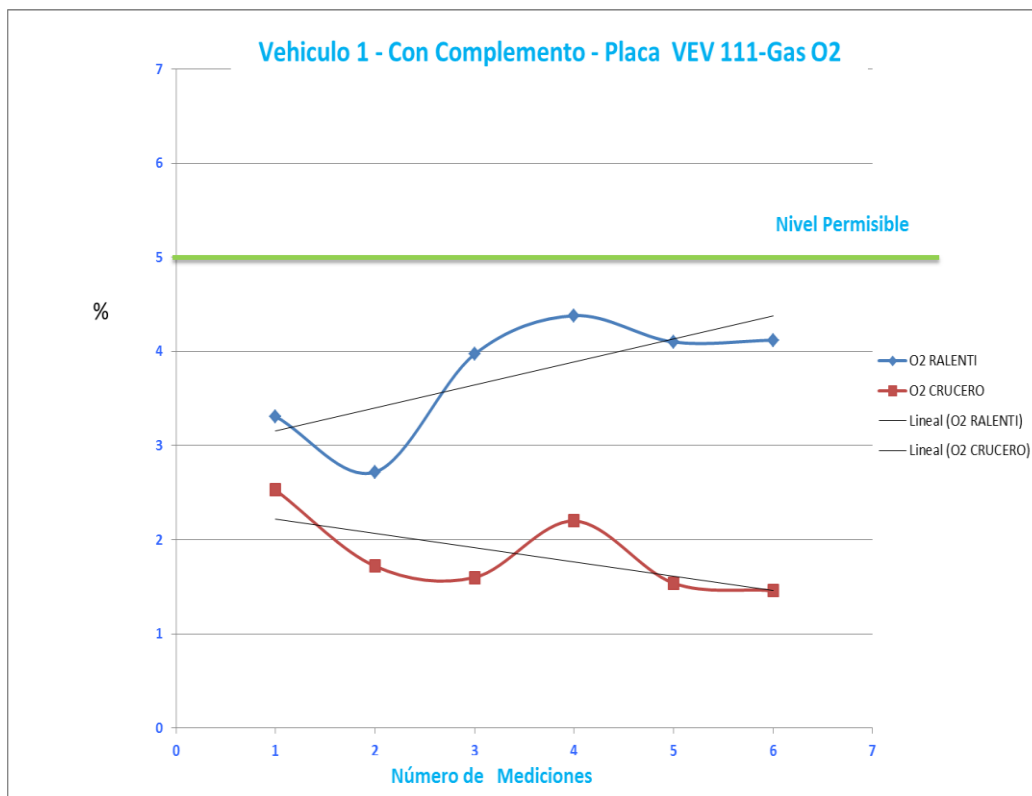
Se evidencia que los niveles de CO tienden a disminuir drásticamente por debajo del límite permisible en función del tiempo para el estado de crucero siendo un resultado favorable para los resultados esperados, al igual que el estado ralentí pero moderadamente.



**Figura 31. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas CO<sub>2</sub>. Autores**

Según la gráfica, las concentraciones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en el vehículo seleccionado con el complemento lubricante, en los regímenes de Ralentí y Crucero, se encuentra por encima como es lo permisible en estos estados ( $\geq 7,00\%$ ), es notoria la leve ventaja en la situación crucero. Indicando que el complemento lubricante ayuda de manera algo significativa a mejorar esta emisión en cada uno de los estados (Ralentí y crucero).

Se puede evidenciar que en el estado crucero tienden aumentar los niveles de CO<sub>2</sub> en función del tiempo siendo una situación favorable para los resultados esperados mas no así para el estado ralenti, aunque en los dos casos se mantiene por arriba del nivel permisible condición positiva de acuerdo a la normatividad.

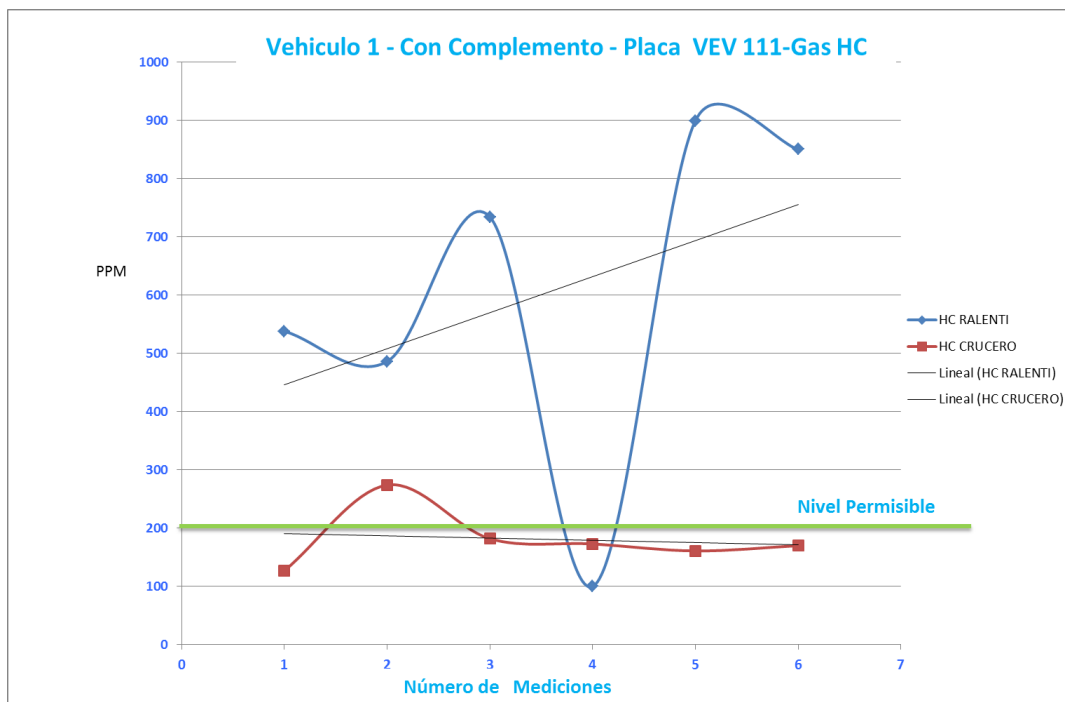


**Figura 32. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas O<sub>2</sub>.** Autores

En el caso de las concentraciones de Oxígeno (O<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en el vehículo seleccionado con complemento lubricante, se encuentra nuevamente que están por debajo como es lo permisible en estos estados Ralenti y Crucero ( $\leq 5.00\%$ ), solo cabe destacar que es mucho más notorio en el régimen crucero, pudiendo afirmar que el aditivo ayudó a la combustión completa en estos estados.

Se puede evidenciar que los niveles de O<sub>2</sub> permanecen por debajo de los niveles permisibles, en estado de crucero la tendencia es la de disminuir, situación favorable para los

resultados esperados mientras que para el estado ralentí la tendencia es la de crecer acercándose a límite permisible.



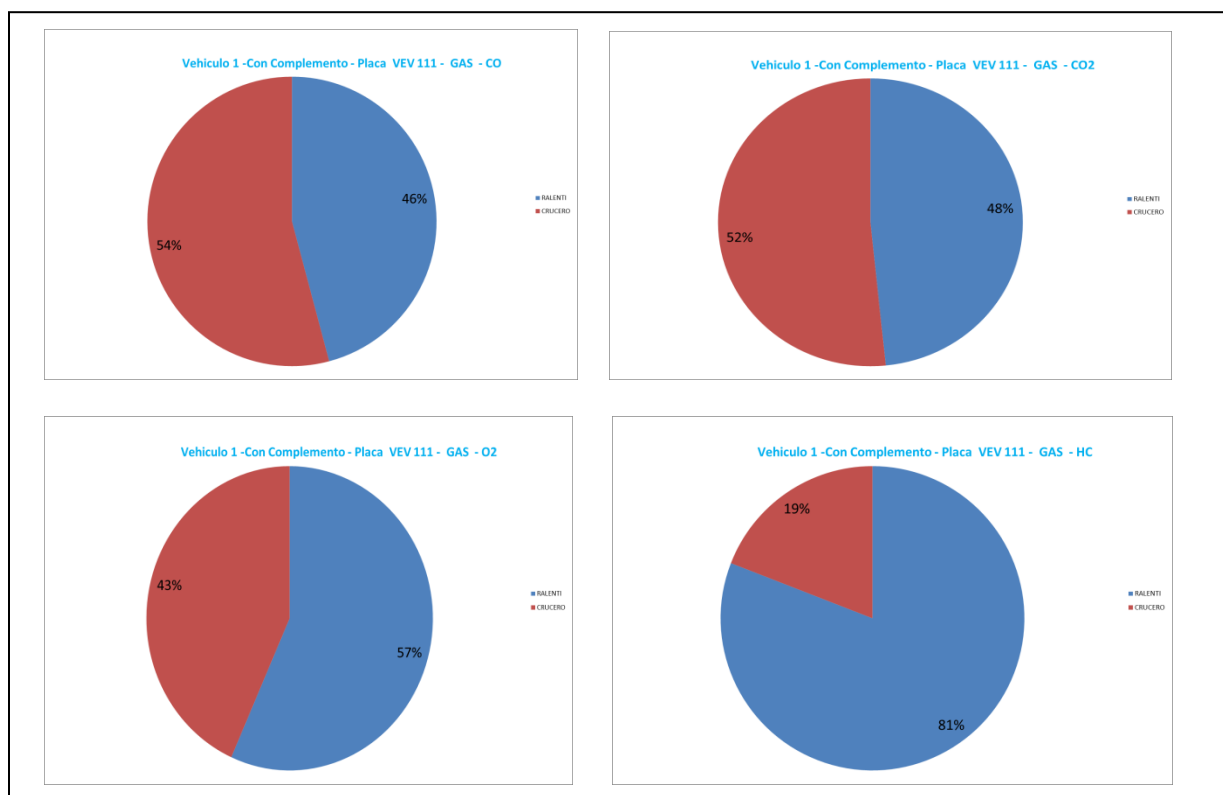
**Figura 33. Mediciones del vehículo 1, con complemento – Gas HC.** Autores

Las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en el primer vehículo seleccionado en el régimen de cruce, se encuentra de manera general por debajo del límite máximo permisible ( $\leq 200$  ppm), mientras que en los datos del mismo vehículo para el estado ralentí, casi siempre sobre pasan el límite permitido, mostrando una clara tendencia que el complemento lubricante es un poco más efectivo únicamente en la operación de cruce, aunque de todos modos se presenta combustión incompleta.

Se puede evidenciar que para las concentraciones de HC, en el estado de cruce estas tienden a decrecer muy levemente en función del tiempo permaneciendo por debajo del límite permisible, situación favorable para los resultados esperados; para el estado de ralentí se puede apreciar que uno de los datos está bastante desfasado de los demás (atípico), lo cual puede significar que es un error experimental en la medición o que el vehículo fue “maquillado” para la

revisión tecno-mecánica, con esto alterando considerablemente la tendencia al crecimiento de este nivel de gas que en conclusión es desfavorable para los resultados esperados.

**Análisis de la composición de cada uno de los gases de emisión del primer vehículo seleccionado con complemento lubricante, en la primera medición (a los 5000 Km después del cambio de aceite) y en la sexta medición (a los 30000 Km después del cambio de aceite), y en cada uno de sus estados (Ralentí y Crucero).**

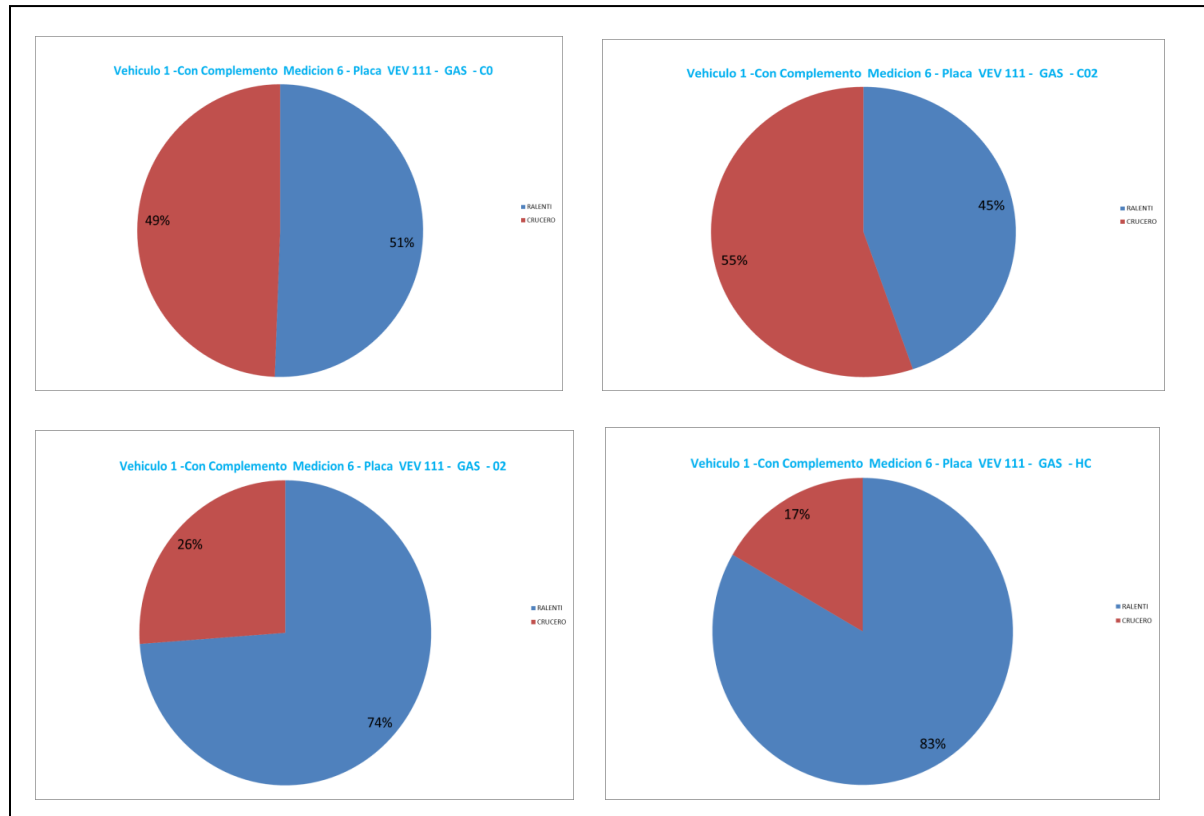


**Figura 34. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 con complemento, en la primera medición para cada estado Ralentí y Crucero. Autores**

Para la medición inicial, según las gráficas, se evidencia que en el régimen crucero, los gases de emisión CO y CO<sub>2</sub> en general son mayores en composición porcentual para el vehículo que se adicionó el complemento lubricante, donde no es claro si el aditivo ayuda a mejorar esta operación. Porque favorece la combustión completa y la incompleta también.



Por otro lado, en el caso de los gases HC y O<sub>2</sub>, es notoria la favorabilidad del aditivo lubricante, ayudando de manera algo significativa a mejorar esta emisión en ese mismo régimen crucero.



**Figura 35. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del vehículo 1 con complemento, en la sexta medición para cada estado Ralentí y Crucero. Autores**

Para la última medición establecida, según las gráficas, se evidencia que en el estado crucero, los gases de emisión CO y CO<sub>2</sub> en general son mayores o iguales relativamente en composición porcentual para el vehículo que se adicionó el complemento lubricante, donde también es seguro interpretar que el aditivo no presenta una favorabilidad clara esta operación. Porque colabora la combustión completa y la incompleta también.

En el estado crucero, para el caso de los otros gases HC y O<sub>2</sub>, es notoria la favorabilidad del aditivo lubricante, ayudando de manera algo significativa a mejorar esta emisión en ese mismo

régimen, eso quiere decir que a medida que pasa el tiempo después de la aplicación del complemento lubricante, se conserva dicho beneficio.

### Análisis de la emisión del gas CO de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante.

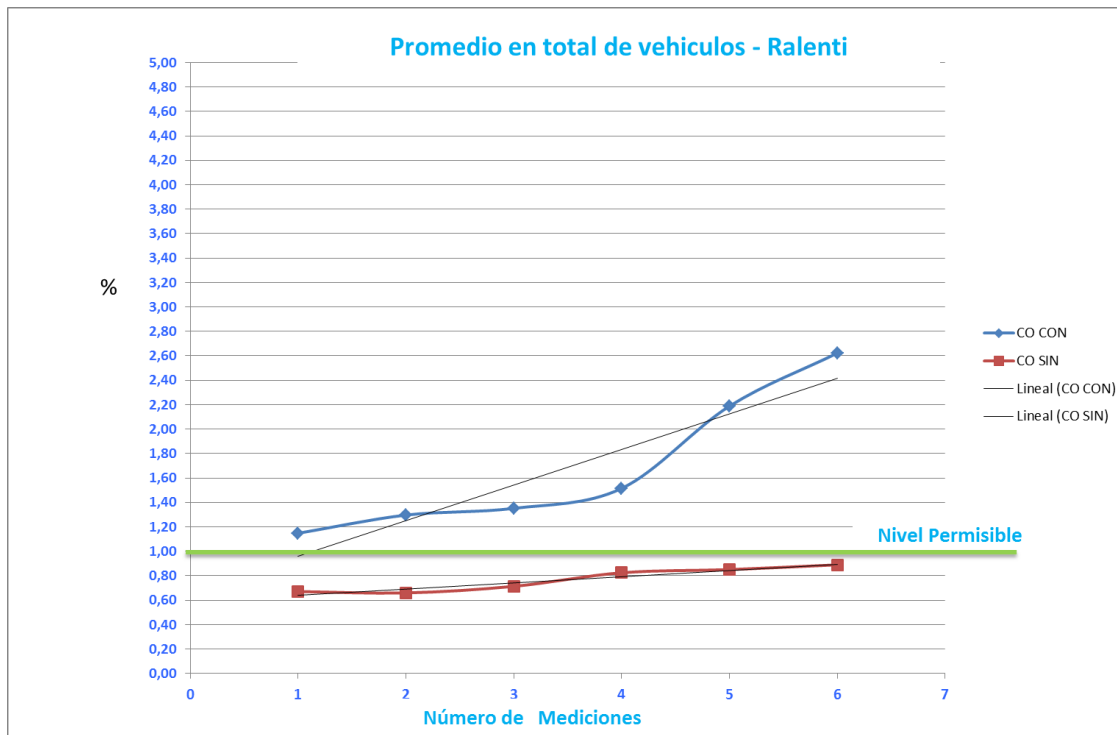


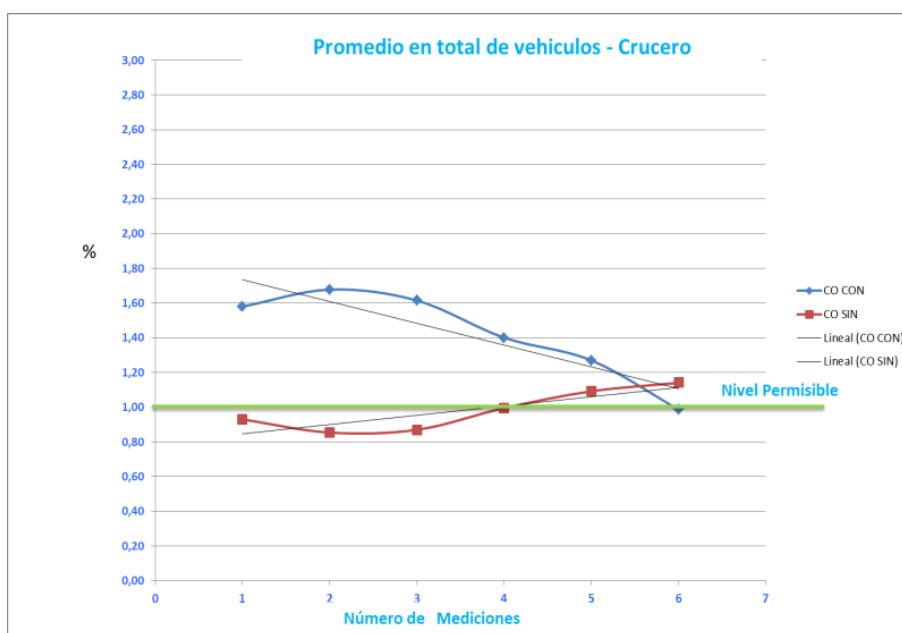
Figura 36. Promedio en total de vehículos - Ralentí. Autores

Promedio de las seis mediciones de los 10 vehículos en Ralentí del gas CO

Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados que no se le aplicó el complemento lubricante, se encuentra por debajo del límite máximo permisible ( $\leq 1,00\%$ ), se presenta mucha similitud en los mismos, presentando una distribución muy homogénea, mientras que en los datos de los vehículos que poseen el complemento lubricante, siempre sobre pasan el límite permitido, mostrando una clara tendencia que el complemento lubricante no es efectivo en la operación, con el aumento de ese

gas, sobre todo en las tres últimas mediciones, se concreta combustión incompleta la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indican la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno que se corrobora con el análisis de las gráficas del gas O<sub>2</sub>.

En el promedio de las mediciones es apreciable la tendencia de CO a aumentar en función del tiempo, es evidente que el complemento lubricante refleja una condición desfavorable para el resultado del análisis en función del impacto ambiental.



**Figura 37. Promedio en total de vehículos - Crucero.** Autores

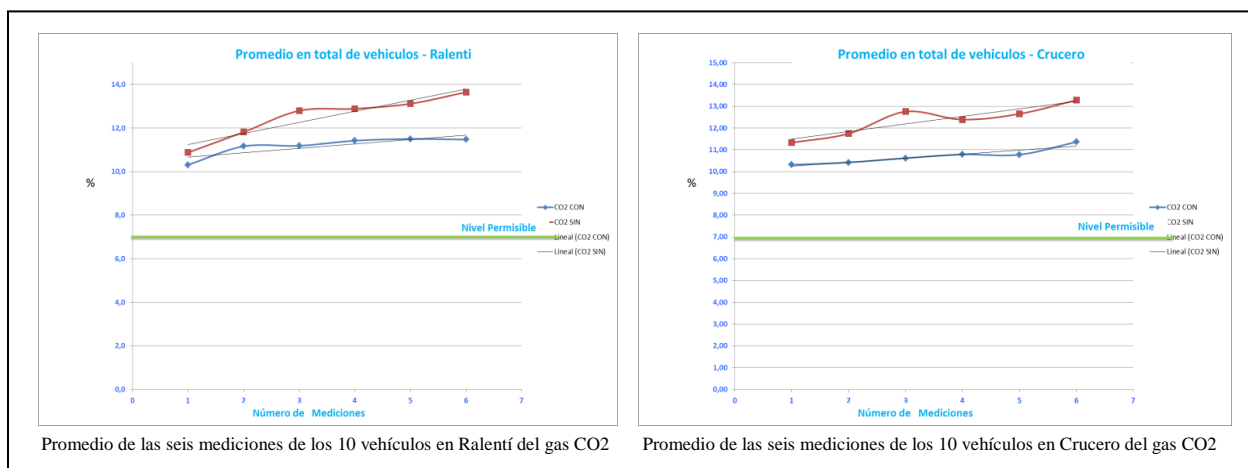
Promedio de las seis mediciones de los 10 vehículos en Crucero del gas CO

Para este caso las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados, se encuentra nuevamente que para los vehículos sin aplicación del complemento lubricante la mitad (tres de seis) de las mediciones iniciales están por debajo del límite máximo permisible ( $\leq 1,00\%$ ) las otras sobrepasan el nivel, mientras que en los vehículos que poseen el complemento lubricante, siempre sobrepasan el límite permitido,

observándose de manera clara que el complemento lubricante no es tampoco en esta condición efectivo en la operación, se evidencia combustión incompleta.

En estado de crucero se evidencia como el nivel de CO disminuye en función del tiempo, se puede apreciar que en este caso el complemento lubricante cumplió una función favorable y llevo el gas por debajo del límite permisible.

### **Análisis de la emisión del gas CO<sub>2</sub> de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante.**



**Figura 38. Promedio de las seis mediciones.** Autores

Según las gráficas, las concentraciones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra por encima como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero ( $\geq 7,00\%$ ), es notoria la similitud en las dos situaciones. Indicando que el complemento lubricante ayuda de manera algo significativa a mejorar esta emisión en cada uno de los estados (Ralentí y crucero).

Se puede evidenciar que para los dos estados tanto con complemento lubricante como sin él los niveles de CO<sub>2</sub> tienden a crecer, en función del tiempo, siendo una condición favorable para los resultados esperados, pero la muestra con complemento lubricante es inferior a la muestra sin complemento lubricante.

## Análisis de la emisión del gas O<sub>2</sub> de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante.

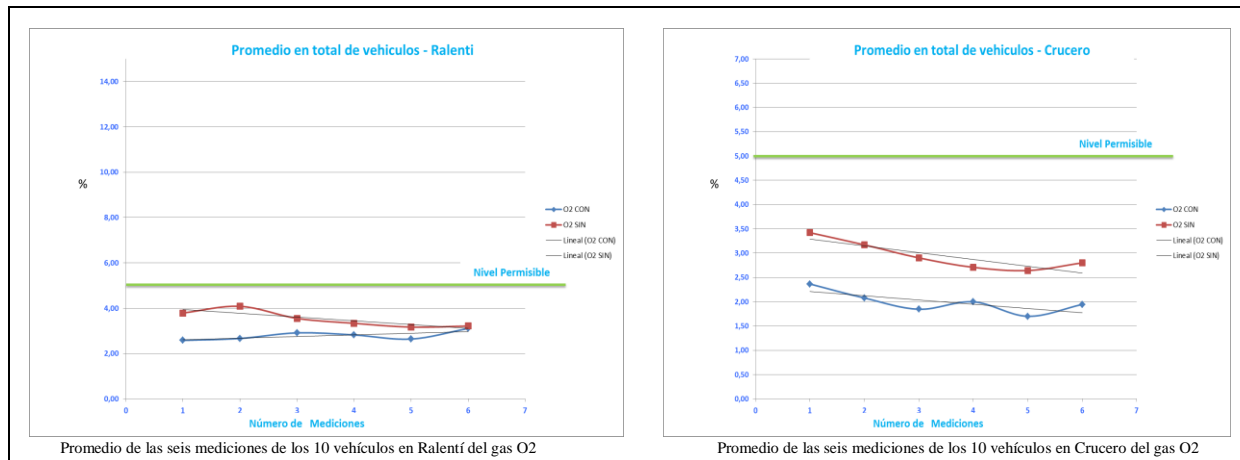


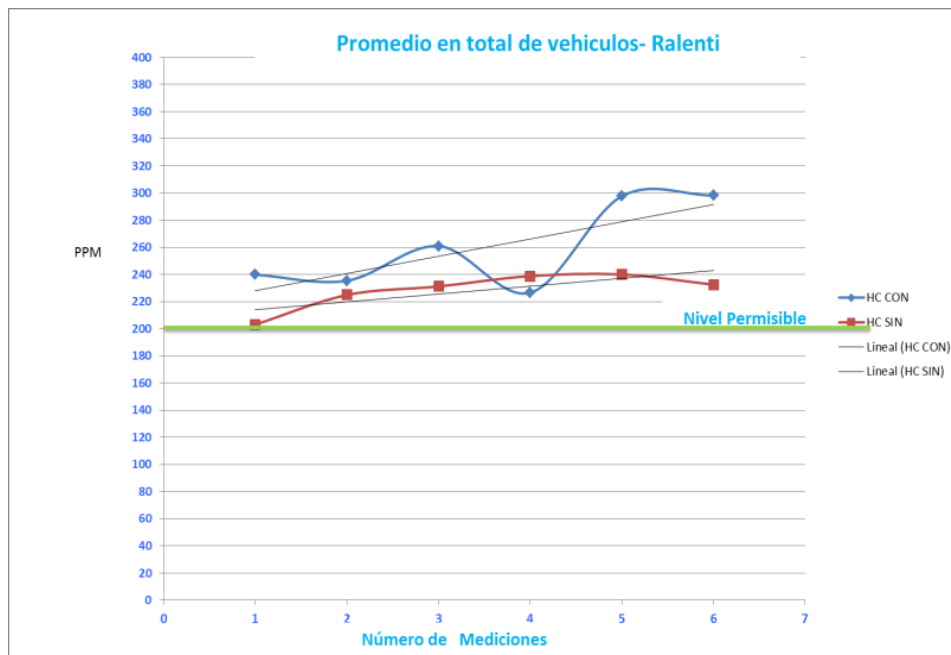
Figura 39. Promedio en total de vehículos. Autores

En el caso de las concentraciones de Oxígeno (O<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados, se encuentra nuevamente que están por debajo como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero ( $\leq 5.00\%$ ), solo cabe destacar que en todas la mediciones realizadas, los vehículos con aplicación del complemento lubricante, este no ayudó a la combustión completa pues como se evidencio en las gráficas anteriores, con la aparición de mayores concentraciones de mediciones en el escape de CO, se indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

Como el Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración aproximada del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el Oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

Se evidencia que en los dos estados la muestra con complemento lubricante el nivel de O<sub>2</sub> está por debajo de la muestra sin este y en los dos casos permanecen por abajo del nivel permisible y en el estado de crucero tiende a disminuir mientras que en el de ralentí tiende a aumentar ligeramente, con resultados favorables para los resultados esperados.

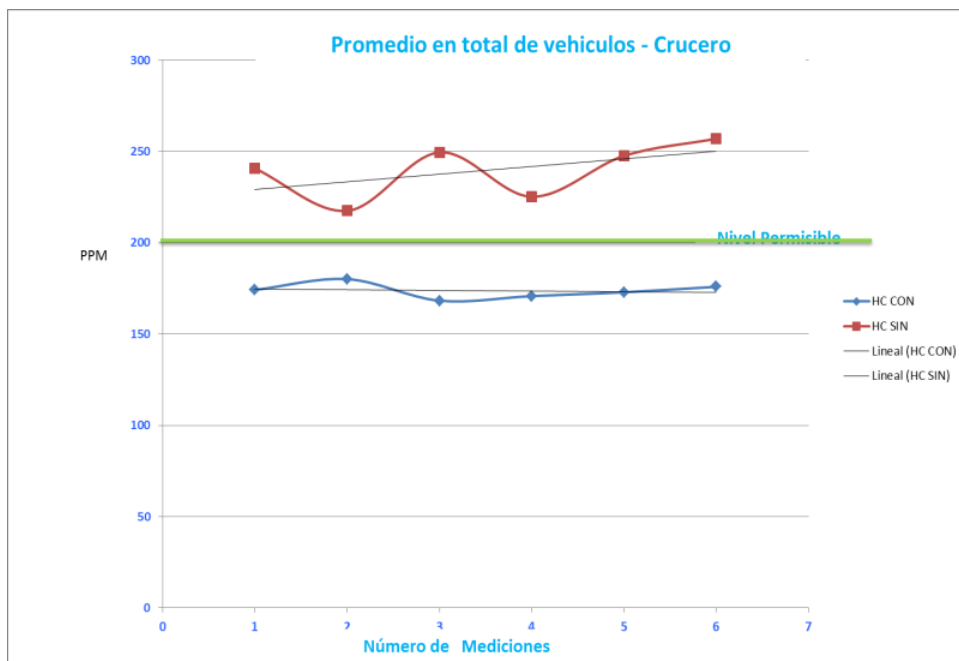
**Análisis de la emisión del gas HC de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante.**



**Figura 40. Promedio de las seis mediciones de los 10 vehículos en Ralenti del gas HC. Autores**

Las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra en general por encima del límite máximo permisible en este estado ( $\leq 200$  ppm), Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, indicando nuevamente que no es benéfica tampoco para este caso la adición del complemento lubricante.

Se evidencia que tanto para el caso de las muestras con complemento lubricante y sin este la tendencia de la concentración de HC es a crecer, condición desfavorable para los resultados esperados.

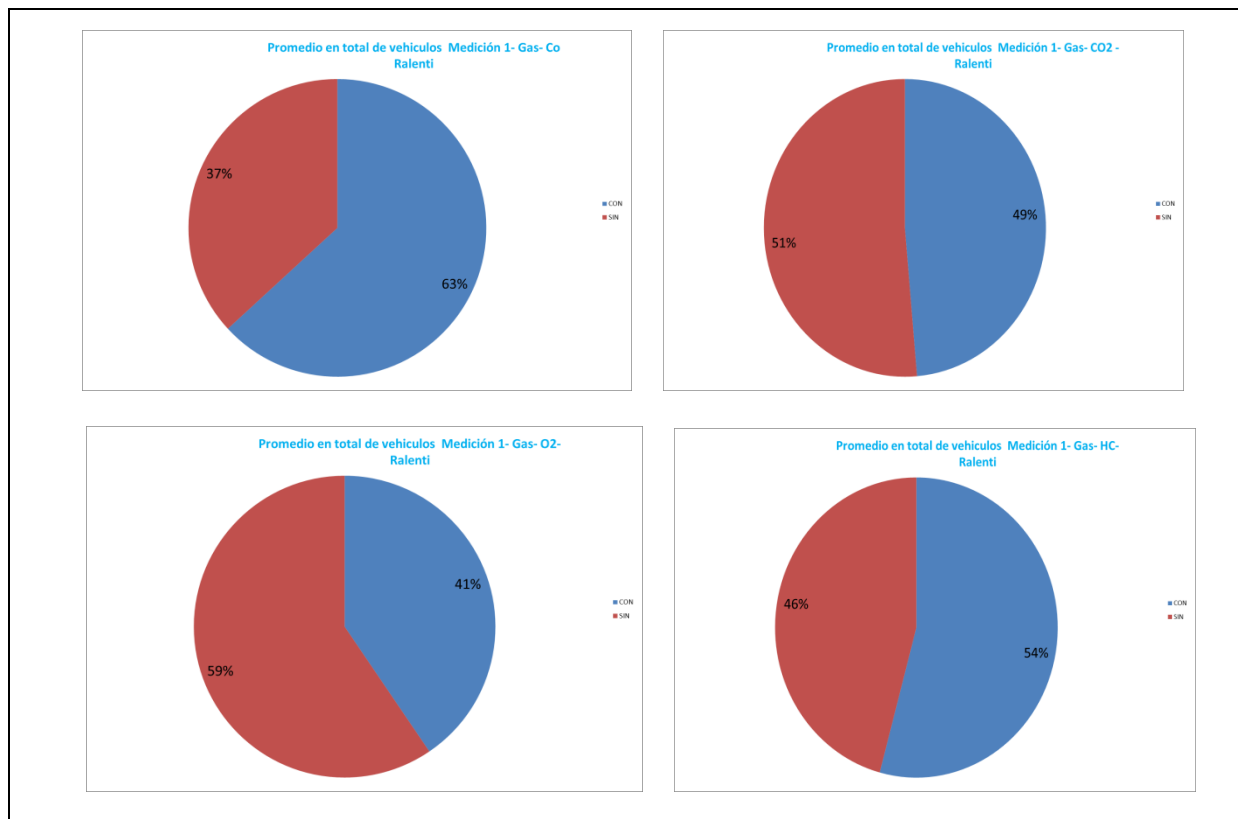


**Figura 41. Promedio de las seis mediciones de los 10 vehículos en Crucero del gas HC. Autores**

Similarmente en este caso, las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados se observa los grandes valores sobrepasados del nivel permisible para el caso de los vehículos sin aplicación del complemento lubricante, aunque las ppm del HC con complemento lubricante, presenta una gran tendencia a cumplir con los valores de la norma, indicando que el aditivo ayuda en gran parte a disminuir los restos de HC no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta.

Se evidencia que para este estado, la concentración de HC en el caso de lubricante con complemento permanece constante por debajo del límite permisible, condición favorable para los resultados esperados, siendo lo contrario para el caso de la muestra sin complemento lubricante.

**Análisis de la composición de cada uno de los gases de emisión de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante, en la primera medición (a los 5000 Km después del cambio de aceite) y en la sexta medición (a los 30000 Km después del cambio de aceite), y en cada uno de sus estados (Ralentí y Crucero).**

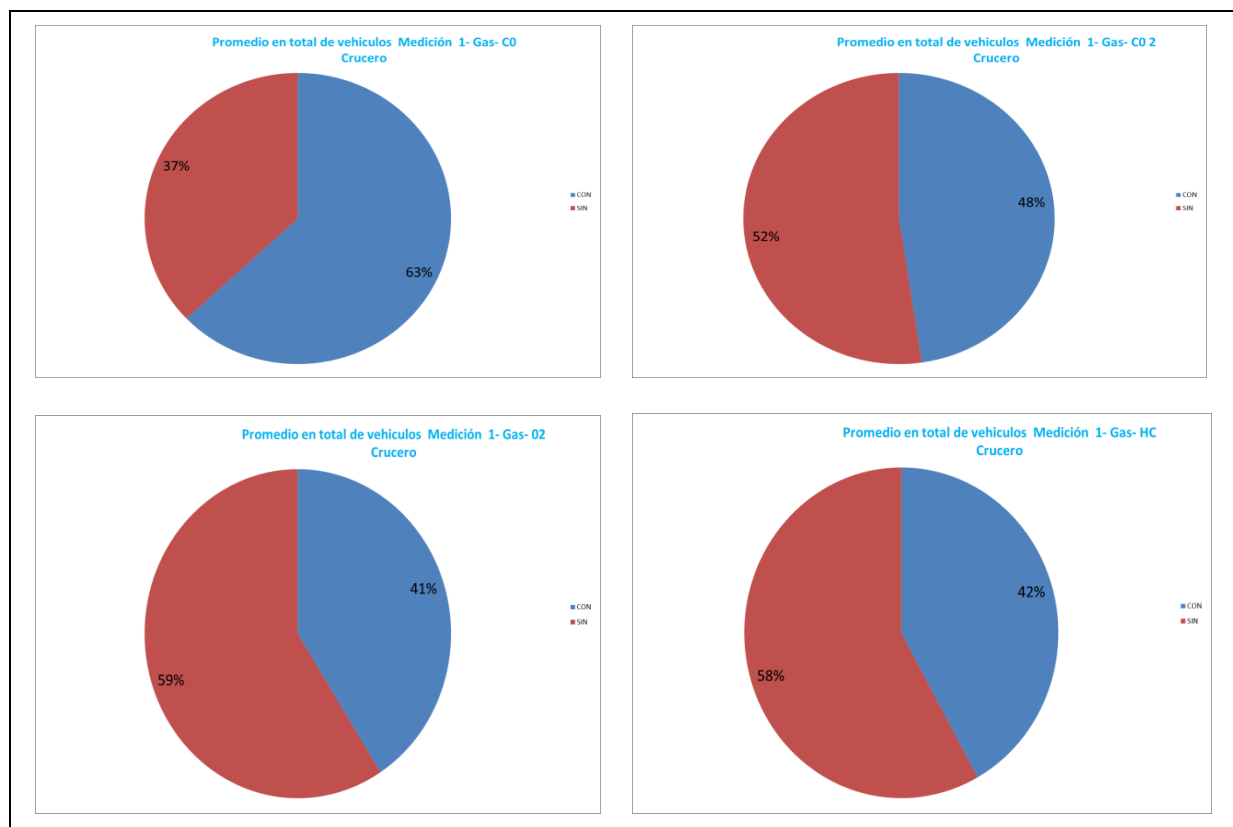


**Figura 42. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Ralentí, en la primera medición. Autores**

Para la medición inicial, según las gráficas, se evidencia que en este estado, los gases de emisión CO y HC en general son mayores en composición porcentual para los vehículos que se adicionó el complemento lubricante, donde es claro que el aditivo muy poca ayuda a mejorar esta operación. Pues en esta condición de ralentí que es el régimen mínimo de revoluciones por minuto, el motor ajusta a una combustión interna para permanecer en funcionamiento de forma estable sin necesidad de accionar un mecanismo de aceleración o entrada de carburante.



Para el caso de los gases  $O_2$  y  $CO_2$ , la situación es inversa, en cuanto a la composición porcentual para los vehículos que se adicionó el complemento lubricante, la concentración de estos gases no tóxicos es menor, es así como el aditivo favorece dicha situación pues, debido a que el oxígeno que es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado junto con el  $CO_2$  por el sistema de escape en esas proporciones.

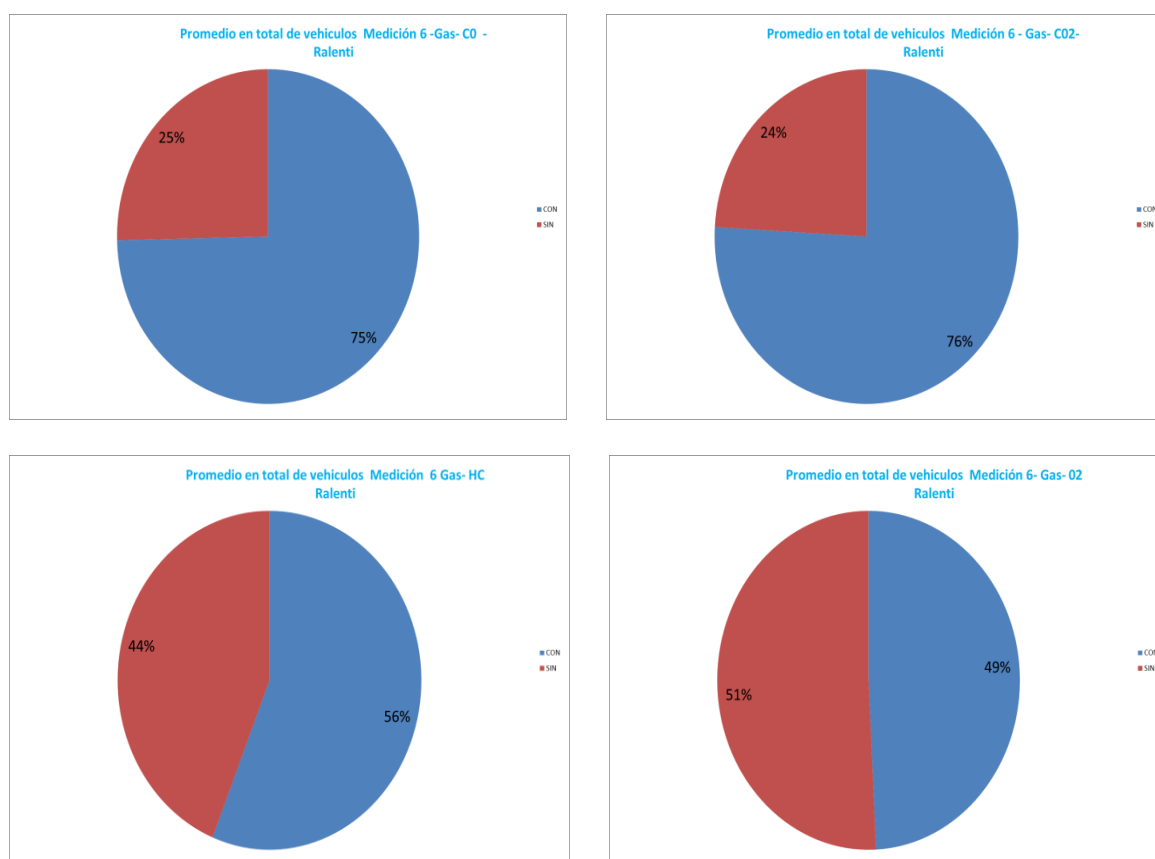


**Figura 43. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Crucero, en la primera medición. Autores**

En el estado crucero, según las gráficas, se demuestra que en este período, los gases de emisión  $CO_2$ ,  $O_2$  y HC en general son menores en composición porcentual para los vehículos que se adicionó el complemento lubricante, donde es claro que para el gas no tóxico el  $O_2$ , el aditivo ayuda en forma significativa a mejorar esta operación, pero no en el caso del otro gas no tóxico

CO<sub>2</sub>. Pues en este régimen máximo de revoluciones por minuto, el motor trata de ajustarse a una combustión interna completa, es decir menores valores en el gas HC y mayores valores de CO<sub>2</sub>.

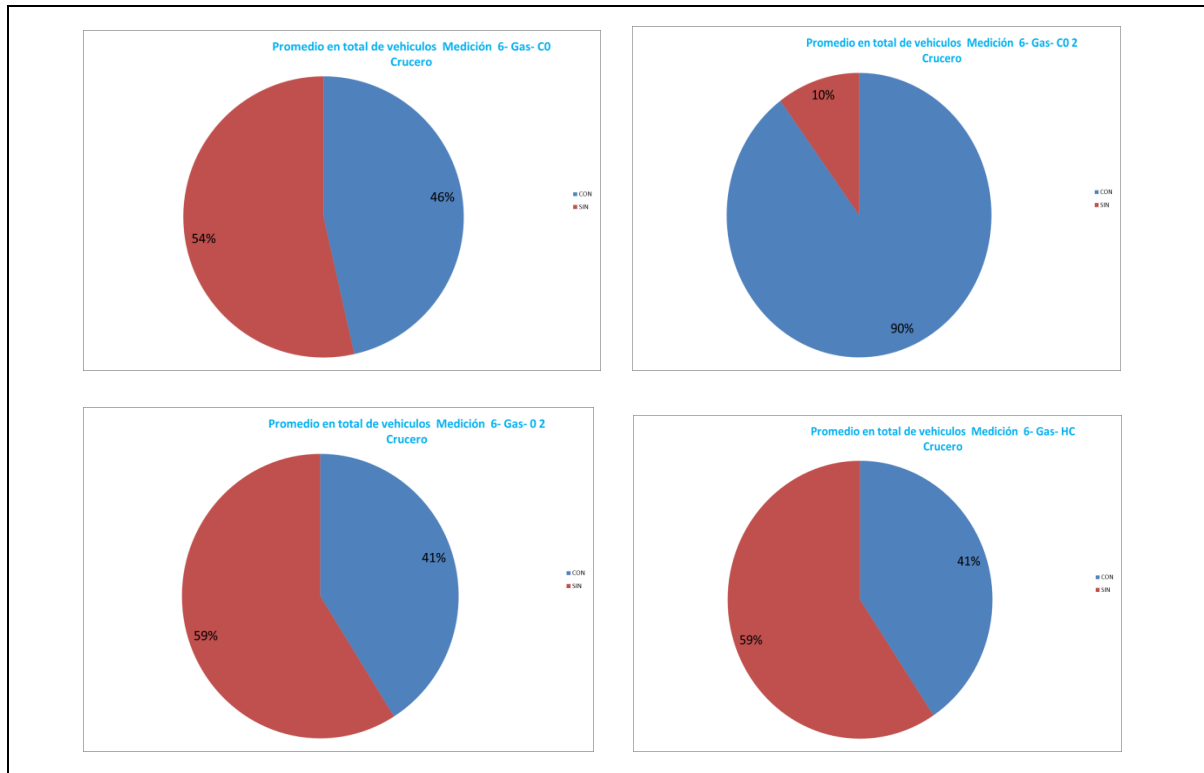
Para el caso del gas CO, la situación es inversa, en cuanto a la composición porcentual para los vehículos que se adicionó el complemento lubricante, la concentración de este gas tóxico es mayor, sin embargo ahora el aditivo ya no favorece dicha situación pues, debido a el caso de la combustión incompleta, el CO restante es expulsado por el sistema de escape en esa gran proporción.



**Figura 44. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Ralentí, en la sexta medición. Autores**

Para la última medición establecida, según las gráficas, se evidencia que en este estado, todos los gases de emisión en general son mayores o iguales relativamente en composición porcentual para los vehículos que se adicionó el complemento lubricante, donde también es

seguro interpretar que el aditivo ayuda en gran forma a mejorar esta operación para los gases de combustión como lo es el CO<sub>2</sub>. Pero para los otros gases también ejerce la influencia negativa como lo demuestra con altos valores de CO y HC. Pues en esta condición de ralentí, predomina la combustión incompleta, y los gases son expulsados por el sistema de escape en esas proporciones.



**Figura 45. Porcentaje de cada uno de los gases de emisión del total de los 10 vehículos con y sin complemento lubricante, en Crucero, en la sexta medición. Autores**

En el estado crucero, ya se observa que a medida que pasa el tiempo después de la aplicación del complemento lubricante, se demuestra que en este período, el gas más importante como producto de combustión el CO<sub>2</sub>, presenta valores mayores en composición porcentual, donde es claro y certero que el aditivo ayuda en forma bastante significativa a mejorar esta operación,. Pues en este régimen máximo de revoluciones por minuto, el motor trata de ajustarse

a una combustión interna completa, es decir menores valores en el gas HC y mayores valores de  $\text{CO}_2$ .

## 7. Conclusiones

- Se puede considerar que la aplicación del Aditivo o complemento lubricante a base de nanopartículas solo sirve en parte para disminuir las concentraciones y/o porcentajes de gases de emitidos en el régimen crucero (Conducir a velocidad moderada y constante, La mayoría de los vehículos ofrecen un óptimo de economía entre 60 y 80 km/h) en motores de combustión a gasolina de vehículos de servicio público de 1000 cc, en la Ciudad de Bogotá D.C., claro que en la ciudad no es factible realizar este estado de manera frecuente, pues debido a la alta afluencia de tráfico y cantidad y estado de las vías, no es fácil reducir el tiempo de detención del vehículo con el motor encendido, ya que una detención de más de medio minuto quema más gasolina de la que se consumiría apagando y volviendo a encender el motor. El régimen crucero solo es factible en los desplazamientos por carretera a los municipios circunvecinos de la sabana de Bogotá.

- A pesar del bajo costo del complemento lubricante, Aproximadamente \$ 60.000.00, cuya duración es cercana a los 90.000 kilómetros, no es relevante la adición del mismo al aceite del motor del vehículo, pues como se demostró que no es representativa la mejora en la disminución de la concentración de los gases de emisión.

- En el análisis individual de los vehículos se puede evidenciar que a pesar de que los parámetros de los vehículos seleccionados como muestra son muy similares, existen diferencias que pueden alterar los resultados de los análisis de gases tales como el modelo del vehículo, como la marca del combustible utilizada, el lapso de tiempo de cambio de lubricante, el horario de trabajo y la exigencia del motor.

- De acuerdo con los resultados obtenidos en las gráficas de cajas y bigotes, se pudo evidenciar que los argumentos expuestos por el fabricante del complemento lubricante en parte se cumplen pues se logra disminuir, en casi un 50 % de los datos en el estado ralenti las emisiones del gas CO, cuando a los vehículos seleccionados se les adiciona el complemento lubricante en cuestión.

- Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados que se le aplicó el complemento lubricante, se encuentra por debajo del límite máximo permisible, por lo tanto estas concentraciones no representan un riesgo importante para la salud de la población.

- Se puede estimar que las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, en estado Crucero son muy semejantes tal vez debido a la velocidad estable, ininterrumpida, sin detenerse a la que se mueve los autos, por la cual se denota que están por debajo del límite máximo permisible.

- Las concentraciones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra por encima como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero, debido a que como la combustión de los motores no es completa o perfecta, las emisiones resultantes de la misma tendrán en gran parte además de nitrógeno (N<sub>2</sub>), vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y oxígeno (O<sub>2</sub>), el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), aunque en los autos sin el uso de los complementos lubricantes en el estado crucero, genera mayor cantidad de este gas llegando a valores cerca del 15 %.

- Para el caso de las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra en general por encima del límite máximo permisible en el estado Ralentí, esto a pesar de la sincronización y la puesta a punto de los automóviles, ocasionado de pronto por una incorrecta relación de mezcla entre el aire y el combustible o temperaturas de combustión demasiado altas o bajas son causa de la formación de estos productos secundarios. Sin embargo en el estado Crucero se nota una significativa disminución de este compuesto sobre todo en los autos con aplicación del complemento, esto es la indicación no existe una tendencia homogénea.

- En principio los fabricantes de vehículos lograron solucionar cada vez mas los problemas de emisión de gases por medio de los elementos (la utilización del catalizador de 3 vías, que reduce simultáneamente la emisión de CO, HC y NO, la supresión del plomo de las gasolinas y la eliminación

del uso del carburador en motores de automóviles), optimizando la combustión, e integrando nuevas y diversas sustancias disponibles (constituidas con macro, micro o nanopartículas) tales como son los aditivos y complementos en el combustible y en el lubricante, que permitían completar la oxidación de CO y HC antes de su emisión por el tubo de escape. De acuerdo al análisis efectuado para verificar la posible reducción en la emisión de gases de combustión de los vehículos taxis marca Hyundai Atos de 1000 cc en la Ciudad de Bogotá D.C., con la adición de 50 g del complemento lubricante a base de nanopartículas, a pesar que la mayoría cumplía con los parámetros mínimos exigidos, no se hace preponderante la utilización de dicha sustancia, pues estos autos en circulación seguirán emitiendo permanentemente gases contaminantes a la atmosfera y por ende aumentando el efecto por contaminación ambiental.

- En algún grado, la precisión de los resultados es dependiente de varios factores, tales como el tamaño de la muestra problema, las variables meteorológicas, la sincronización y la puesta a punto de los automóviles, el régimen de velocidades, el tipo y calidad del combustible y lubricante, la afluencia de tráfico y cantidad y estado de las vías, la frecuencia laboral de los vehículos, el tipo y periodicidad del mantenimiento, entre otros, nos suministran la información necesaria pero limitada, según sea la parametrización utilizada en un proyecto de esta disciplina. Sin embargo se ha pretendido considerar la mayoría de los aspectos tecnológicos que vienen esencialmente determinados por las condiciones del entorno, buscando siempre el beneficio en la protección medioambiental, social y económico basado en elementos desarrollados por la tecnología.

- Se espera que, además de constituir un trabajo útil tanto para nuestros compañeros y la sociedad en general, este proyecto sea fiel reflejo de la vocación didáctica de sus autores y deje traslucir su genuino interés por temas ambientales, sociales y tecnológicos, para ser así capaz de despertar un interés similar en cuantos dediquen tiempo a su estudio.

## 8. Observaciones

- La Mayoría de las diferencias obtenidas en los datos de la medición de los gases se debe a varios factores como el clima, la calidad y marca del combustible, el periodo diario de trabajo del vehículo y el mantenimiento realizado al vehículo.
- Fue necesario establecer un vehículo con las condiciones patrón, en cuanto a tipo, cilindraje, marca, tipo de combustible y kilometraje recorrido como punto de referencia inicial, para la toma de decisiones en busca de la disminución de emisiones contaminantes.
- Con una buena inspección, diagnóstico y mantenimiento de un motor a gasolina se logra la disminución de los niveles de emisiones nocivas, analizando estas variables de análisis de gases de combustión.
- Al realizar un buen diagnóstico de las emisiones de gases de combustión, se ahorra en costos de mantenimiento, ya que los recursos se enfocan en los parámetros que realmente están afectando el buen funcionamiento del equipo y se descartan los que se tienen un buen funcionamiento o tienen mejor vida útil.
- La reducción del nivel de emisiones contribuye al mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá. Un vehículo bien reparado y sincronizado disminuye sus emisiones nocivas en un gran porcentaje o más por debajo de la norma de emisiones vigentes. Además prolonga la vida útil de los ductos de escape, silenciadores y catalizadores del motor, lo que impide que el hollín se adhiera a los ductos y a las celdas.
- A pesar que el uso de combustibles tiene gran incidencia en generación de contaminantes atmosféricos y el deterioro de la calidad del aire, hay otros factores como la movilidad, los hábitos de uso de los vehículos (hábitos de conducción), la edad del parque automotor, el estado de las vías entre otros.
- Sabiendo que el 60% de la emisión de productos tóxicos se originan en motores de combustión interna ( estudio JICA1991), otro factor importante en la emisión de contaminantes es el promedio de



velocidad (16.4 Km/hora y en horas pico 10 Km/hora o menos) debido a que la ciudad capital presenta grandes deficiencias en la red vial en cuanto a pobre diseño, tamaño, mantenimiento, y el aumento desmesurado del parque automotor, donde estos trabajan en condiciones adversas con ineficiencia en el aprovechamiento del combustible y el prolongado tiempo en el desplazamiento aumentando las emisiones contaminantes por cada kilómetro recorrido.

- A demás de las deficiencias que presentan especialmente los diversos vehículos taxis que circulan por la ciudad, se le suma la falta de capacitación de nuestros mecánicos en la sincronización (para los sistemas de carburación) y la apuesta a punto ( en los sistemas de inyección) de los mismos (relación aire – combustible), con lo cual se debería realizar campañas de concientización y sensibilización a los población involucrada en el daño causado al medio ambiente y el despilfarro de combustible en los vehículos.

- La problemática de la contaminación atmosférica en la ciudad y el país es la que genera los mayores costos ambientales y sociales (1.5 billones anuales), después de los generados por contaminación del agua y los desastres naturales (Larsen 2004).

- Vale anotar que a pesar de los esfuerzos que hemos tenido en los avances en la prevención y control de la contaminación atmosférica (El 63 % de las entidades ambientales han implementado programas dirigidos a fuentes móviles, IDEAM 2010), el país presenta algunas falencias, como la generación de inventarios de fuente de emisión, la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos, desarrollo de un número mayor de estudios epidemiológicos y estimaciones económicas de la problemática de calidad del aire, todo esto en un marco global e integral del territorio colombiano.

- Otro de los factores que se deben tener en cuenta en el índice de la calidad del aire, son las variables meteorológicas que nos suministran información sobre las condiciones atmosféricas que intervienen en la dispersión de los contaminantes (precipitación, humedad relativa, temperatura, presión atmosférica, radiación solar y la velocidad y dirección del viento entre otras.)

## 9. Recomendaciones

- Extender las pruebas de aplicación del complemento lubricante a una muestra de 100 vehículos para generar una base de datos en donde se pueda evidenciar una reducción en la emisión de gases contaminantes, soportados en nuestro diagnóstico inicial.
- Complementar el programa de aplicación y control, a través de las listas de chequeo, las pruebas de compresión del motor, temperatura y presiones.
- Adoptar políticas de control de emisiones en las salidas del tubo de escape. como el reducir o eliminar el ralentí.
- Reglamentar de forma institucional que todos los vehículos nuevos se les exigirá el uso de convertidores Catalíticos u otros dispositivos que garanticen el cumplimiento del control de todas sus emisiones.
- Realizar la misma investigación en motores estacionarios en condiciones óptimas de laboratorio.
- Realizar las mismas pruebas para evaluar otros complementos lubricantes ya existentes en el mercado.

## Referencias Bibliográficas

- Acuerdo 185. (2008). *Por medio del cual se implementa la restricción vehicular los días sábados y se dictan otras disposiciones*. Bogotá.
- Albarracín, P. (1985). *Tribología y lubricación Industrial y automotriz*. Colombia: Litochoa.
- Canel, J. (2011). *Nanopartículas*. Recuperado el 5 de Abril de 2013, de <<http://josejuancanel-jose.blogspot.com/2011/06/introducen-nanopartículas-dentro-de.html>>
- Caracol Radio. (2013). *Taxistas de todo el país buscan hacerle frente a los TLC y las exigencias de los usuarios*. Recuperado el 11 de Abril de 2013, de <<http://www.caracol.com.co/noticias/economia/taxistas-de-todo-el-pais-buscan-hacerle-frente-a-los-tlc-y-las-exigencias-de-los-usuarios/20120710/nota/1719898.aspx>>
- De Vita, Y. (1995). *Cuaderno FIRP-S 381 - B*. Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de <<http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S831B.pdf>>
- Decreto 948. (1995). *por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993*. Recuperado el 16 de Agosto de 2012, de <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1479>>
- Ecopetrol. (2011). *catalogo de Productos*. Recuperado el 15 de Agosto de 2012, de <<http://www.ecopetrol.com>>
- Ecopetrol. (2012). *Instituto Colombiano de Petróleo. Vecepresidencia de Servicios y tecnología*. Recuperado el 22 de Marzo de 2013, de <[www.ecopetrol.com](http://www.ecopetrol.com)>
- El Espectador. (2013). *Bogotá emite 10 millones de toneladas de dióxido de carbono al año*. Recuperado el 12 de Abril de 2013, de

<<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo-232957-bogota-emite-10-millones-de-toneladas-de-dioxido-de-carbono-al-ano>>

El Espectador. (2011). *La verdad sobre los taxis en Bogotá*. Recuperado el 30 de Agosto de 2012, de <<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo-367433-verdad-sobre-los-taxis-bogota>>

El Tiempo. (2012). *Distrito no ha terminado de censar taxis, una de las medidas para erradicar la piratería*. Recuperado el 10 de Abril de 2013, de <<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4859849>>

Giraldo, Gonzalez y Gomez. (2007). *Nanotecnociencia*,. Bogotá: Buinaima.

Llinas Solano, H y Rojas, A. (2006). *Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad*, ediciones Uninorte,. Barranquilla: Uninorte.

Ministerio de Medio Ambiente. (2011). *Emisión de gases* . Recuperado el 12 de Abril de 2013, de <[http://www.minambiente.gov.co/documentos/4170\\_051009\\_fuentes\\_moviles.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/4170_051009_fuentes_moviles.pdf)>

Norma Técnica Colombiana . (2010). *Revision Tecno-Mecanica Y De Emisiones Contaminantes De Vehiculos Automotores " 2010-10-20*. Bogotá.

Norma Técnica Colombiana NTC 4983. (2012). *calidad del aire. Evaluacion de gases de escape de vehiculos automotores que operan con ciclo otto.metodo de ensayo en marcha minima ( ralenti) y velocidad crucero, y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluacion*. Bogotá.

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 17020. (2012). *evaluacion de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspeccion"* 2012-06-20. Bogotá.

Proyecto de Acuerdo 185. (2008). *Por Medio del Cual se Implementa la Restricción Vehicular los Días Sábados y se dictan Otras Disposiciones*. Recuperado el 12 de Febrero de 2013, de <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29568>>

Resolución 601. (2006). *Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia*. Recuperado el 11 de Agosto de 2012, de <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19983>>

Resolución 610. (2010). *Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de <[http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res\\_0610\\_240310.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_0610_240310.pdf)>

Shelley, T. (2006). *Nanotechnology: New Promises, New Dangers, edition by ZED Book LTD, Global Issues*. New York: Global Issues.

**Anexos**

**ANEXO A**  
**CARTA DE COMPROMISO CDA**



Bogotá, julio 27 de 2011

Ingenieros

Oscar Chamarraví G.

Germán Saavedra C.

Ciudad

De acuerdo con su solicitud, le ratifico que en mi calidad de administrador y por decisión del cuerpo directivo, estamos dispuestos a apoyarlos dentro de nuestra capacidad logística y técnica en su proyecto de investigación "EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EMISION DE GASES EN MOTORES DE COMBUSTION A GASOLINA DE VEHICULOS ENTRE 1000 Y 1300 CC, QUE UTILIZAN COMPLEMENTOS LUBRICANTES A BASE DE NANOPARTICULAS, EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.", el cual es de nuestro interés ya que representa un beneficio mutuo para las dos partes.

Atentamente,


  
  
Ing. Ricardo Rodríguez  
Coordinador Administrador

 Avenida 6 No. 41A-40  
Teléfonos: 2375945 - 2773778  
[www.cdaavenidasexta.com](http://www.cdaavenidasexta.com)  
Bogotá, Colombia

**ANEXO B**

**CERTIFICADOS DE GASES DE UNO DE LOS VEHÍCULOS**

## FORMATO DE FICHA TECNICA



CENTRO DE DIAGNÓSTICO AUTOMOTOR  
AVENIDA SEXTA LTDA

CDA AVENIDA SEXTA LTDA  
9001357731  
AV CALLE 6 # 41 A 40  
2375945  
BOGOTÁ

**A. INFORMACION GENERAL:**

1. FECHA: 19/09/2012 17:41:12      2. DATOS DEL PROPIETARIO O TENEDOR DEL VEHICULO: LAURA MARCELA PAIRA MARTINEZ      893CSTFA66

Fecha de Prueba 19/09/2012 17:41:12	Nombre o Razón Social LAURA MARCELA PAIRA MARTINEZ	Documento de identidad CC( X ) NIT ( ) CE ( ) No 1032415965
Dirección CALLE 9 N 40 50	Teléfono 23759000	Ciudad y Departamento BOGOTÁ Bogotá D.C

**3. DATOS DEL VEHICULO**

Placa VES324	País COLOMBIA	Servicio PUBLICO	Clase AUTOMOVIL	Marca HYUNDAI	Línea ATOS PRIME GL
Modelo 2008	No. de licencia de tránsito 10000705598	Fecha matrícula 27/02/2008	Color AMARILLO	Combustible GASOLINA-GNV	VIN o Chasis XX
No Motor MALAB51GP8M257050	Tipo motor 4T	Cilindrada 555	Kilometraje 539556	Número de Sillas 5	Vidrios polarizados Si ( ) NO ( X )
					Blindaje Si ( ) NO ( X )

**B. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN MECANIZADA REALIZADA DE ACUERDO CON LOS MÉTODOS DEFINIDOS EN LA NTC 5375**  
Nota: Todo valor medido seguido del símbolo \* indica un defecto encontrado

**4. Emisiones audibles**

Valor	Máximo	Unidad
Ruido Escape: 87.78	<= 400.00	dB

**5. Intensidad e inclinación de las luces bajas**

Intensidad	Mínimo	Máximo	Unidad	Inclinación	Rango	Unidad
Baja derecha: 17.50	>= 2.50	klux	1.30	[ 0.50 - 3.50 ]	%	
Baja izquierda: 18.10	>= 2.50	klux	1.80	[ 0.50 - 3.50 ]	%	

**6. Suma de la intensidad de todas las luces**

Intensidad	Máximo	Unidad
35.60	<= 225.00	klux

**7. Suspensiones (si aplica)**

Delantero izquierda	Valor	Delantero derecha	Valor	Trasera izquierda	Valor	Trasera derecha	Valor	Mínimo	Unidad
61.00	%	65.00	%	61.00	%	65.00	%	40.00	%

**8. Frenos**

Eficacia Total	Mínimo	Unidad	Eje 1 izquierdo	Fuerza	Peso	Unidad	Eje 1 derecho	Fuerza	Peso	Unidad	Desequilibrio	Máximo	Unidad
56.00	>= 50.00	%	2.200	379.00	N	2.075	393.00	N	6.00	20.00	-	30.00	%
Eficacia auxiliar	Mínimo	Unidad	Eje 2 izquierdo	Fuerza	Peso	Unidad	Eje 2 derecho	Fuerza	Peso	Unidad	Desequilibrio	Máximo	Unidad
25.00	>= 18.00	%	2.168	375.00	N	2.059	400.00	N	5.00	20.00	-	30.00	%
			Eje 3 izquierdo	Fuerza	Peso	Unidad	Eje 3 derecho	Fuerza	Peso	Unidad	Desequilibrio	Máximo	Unidad
			0	0.00	N	0	0.00	N	0.00	20.00	-	30.00	%
			Eje 4 izquierdo	Fuerza	Peso	Unidad	Eje 4 derecho	Fuerza	Peso	Unidad	Desequilibrio	Máximo	Unidad
			0	0.00	N	0	0.00	N	0.00	20.00	-	30.00	%
			Eje 5 izquierdo	Fuerza	Peso	Unidad	Eje 5 derecho	Fuerza	Peso	Unidad	Desequilibrio	Máximo	Unidad
			0	0.00	N	0	0.00	N	0.00	20.00	-	30.00	%

**9. Desviación lateral**

Eje 1	Valor	Eje 2	Valor	Eje 3	Valor	Eje 4	Valor	Eje 5	Valor	Máximo +/-	Unidad
3.00		3.00		0.00		0.00		0.00		10.00	mm/km

**10. Dispositivos de cobro (si aplica)**

Referencia Comercio de la LLanta	Error en Distancia	%	Error en Tiempo	%	Máximo +/-	Unidad

**11. Emisiones de gases**

**11.a Vehículos con ciclo OTTO**

Temp °C	Rpm	Monóxido de Carbono (CO)		Dióxido de Carbono (CO2)		Óxigeno O2		Hidrocarburo (Como Hexano) (HC)		Óxido Nitroso (NO)		
		Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma	Unidad	Valor	Norma
Ralenti 89	904	0.91	<= 1.00	%	7.90	>= 7.00	%	5.36	<= 5.00	%	284	<= 200
Crucero 89	2494	0.75	<= 1.00	%	8.04	>= 7.00	%	3.59	<= 5.00	%	165	<= 200

**11.b Vehículos a diesel (opacidad)**

Temp °C	Rpm	Ciclo 1	Valor	Ciclo 2	Valor	Ciclo 3	Valor	Ciclo 4	Valor	Resultado	Valor	Norma	Unidad
0	0	0.00	%	0.00	%	0.00	%	0.00	%	0.00	0.00	0.00	%



**C. DEFECTOS ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN MECANIZADA DE ACUERDO CON LOS CRITERIOS DEFINIDOS EN LA NTC 5375**

Código	Descripción	Grupo	Tipo de defecto	
			A	B
21004	Los vehículos cuyas emisiones de gases de escape tengan concentraciones de gases y sustancias contaminantes mayores a las establecidas por los requisitos legales ambientales definidos por la autoridad competente	Emisiones Contaminantes	X	
Total			1	

**D. DEFECTOS ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN VISUAL DE ACUERDO CON LOS MÉTODOS Y CRITERIOS DEFINIDOS EN LA NTC 5375**

Código	Descripción	Grupo	Tipo de defecto	
			A	B
Total				

**D.1. DEFECTOS ENCONTRADOS EN LA INSPECCIÓN VISUAL DE LOS VEHÍCULOS UTILIZADOS PARA IMPARTIR LA ENSEÑANZA AUTOMOVILÍSTICA**

Código	Descripción	Grupo	Tipo de defecto	
			A	B
Total				

**Nota: Defectos Tipo A:** Son aquellos defectos graves que implican un peligro inminente para la seguridad del vehículo, la de otros vehículos, la de sus ocupantes, la de los demás usuarios de la vía pública o al ambiente.  
**Defectos Tipo B:** Son aquellos defectos que implican un peligro potencial para la seguridad del vehículo, la de otros vehículos, de sus ocupantes o de los demás usuarios de la vía pública.

**E. CONFORMIDAD CON LA NORMA NTC 5375**

APROBADO: SI  NO  No. Consecutivo RUNT:

E1. Cumple con las adaptaciones para vehículos de enseñanza automovilística? (Solo aplica para vehículos de este tipo)

APROBADO: SI  NO

Nota Causal de Rechazo a) Se encuentra al menos un defecto Tipo A  
 b) La cantidad total de defectos tipo B sea Igual o superior a 10 para vehículos particulares  
 Igual o superior a 5 para vehículos públicos  
 Igual o superior a 5 para vehículos tipo motocicletas  
 Igual o superior a 7 para vehículos tipo motocarros  
 Igual o superior a 5 para Vehículos de enseñanza autorizada  
 Cuando se presente al menos un defecto tipo A para vehículos tipo remolques.

**NÚMEROS DE LOS F.U.R ASOCIADOS AL VEHÍCULO PARA ESA REVISIÓN:**  
 NO HAY REPORTES REFERENCIADOS

**F. COMENTARIOS U OBSERVACIONES ADICIONALES**

Fin del informe

**G. NOMBRE Y FIRMA DEL DIRECTOR TÉCNICO AUTORIZADO POR EL REPRESENTANTE LEGAL DEL CDA**

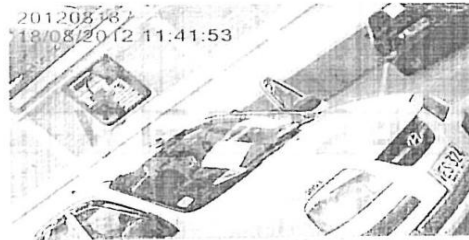
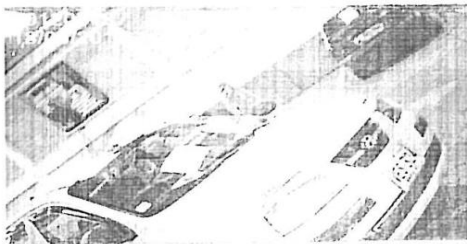
ING. RICARDO RODRIGUEZ SUAREZ

**H. NOMBRE DE LOS OPERARIOS QUE REALIZARON LA REVISIÓN TECNOCOMECAÁNICA Y DE EMISIONES CONTAMINANTES.**

Prueba de Emisiones: GARCIA BARRETO JORGE ENRIQUE  
 Prueba de Luces: BUITRAGO ROJAS CARLOS JULIO  
 Prueba de Ruidos: GARCIA BARRETO JORGE ENRIQUE  
 Prueba de Fotografía: BUITRAGO ROJAS CARLOS JULIO BUITRAGO ROJAS CARLOS JULIO  
 Prueba de FAS: DELGADO INFANTE OSCAR EDUARDO  
 Prueba Visual: GARCIA BARRETO JORGE ENRIQUE

**Nota:**

- 1) El campo del resultado de la prueba del Oxido Nitroso (NO) en el Formato, se aplicará cuando quede regulado por la entidad competente.
- 2) Los resultados aquí consignados corresponden al momento de la revisión tecnomecánica y de emisiones contaminantes, y no exime al poseedor o tenedor del vehículo de la obligación de mantenerlo en óptimas condiciones mecánicas, ambientales y de seguridad como indica el Artículo 50 de la ley 769 de 2002.



## ANEXO C

## VEHÍCULOS SERVICIOS PÚBLICO

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																												
SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE																												
1	MATRICULA VDG - 151																											
	MOVIL 8452																											
	MODELO 2006																											
DATOS	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6							
FECHA	19/09/2012				01/10/2012				26/10/2012				20/11/2012				20/12/2012				17/01/2013							
Km	543.800				547.916				552.869				557.887				562.901				567.962							
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,97	12,96	326	2.18	0,98	18,00	331	2.19	0,87	21,13	334	2.89	0,92	24,15	387	3.05	0,90	31,30	391	3.10	0,96	37,11	407	3.12				
CRUCERO	1,62	12,07	420	2.56	1,80	12,64	427	2.55	1,38	14,11	431	3.02	1,36	15,31	444	3.14	1,42	19,13	459	3.56	1,81	21,44	478	3.87				
2	MATRICULA VES - 324																											
	MOVIL 3954																											
	MODELO 2008																											
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6							
FECHA	19/09/2012				22/10/2012				09/11/2012				29/11/2012				15/12/2012				31/12/2012							
Km	557.870				562.914				567.876				572.881				577.852				582.961							
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,91	7,90	284	5.36	0,89	8,43	353	4.21	0,67	8,57	230	4.0	0,90	8,26	379	3.98	0,92	8,39	371	3.81	0,87	9,47	386	3.70				
CRUCERO	0,78	8,94	166	3.99	0,87	9,12	121	3.25	0,73	9,34	119	2.86	0,79	9,19	123	2.80	0,86	9,34	141	2.77	0,91	9,63	163	2.70				

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
3	MATRICULA VER - 965																							
	MOVIL 174																							
	MODELO 2008																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	06/08/2012				20/09/2012				05/10/2012				20/10/2012				10/11/2012				06/12/2012			
Km	561.900				566.931				571.892				577.093				581.982				586.998			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,08	10,61	130	2.78	0,06	10,93	112	2.32	0,05	10,75	386	1.92	0,41	10,21	199	1.90	0,39	10,82	221	1.82	0,40	10,91	241	1.89
CRUCERO	0,22	10,06	103	3.39	0,24	10,99	114	1.91	0,07	10,42	418	2.33	0,61	10,35	130	1.99	0,69	10,39	312	2.01	0,71	10,42	216	2.0
4	MATRICULA VDM - 761																							
	MOVIL 2677																							
	MODELO 2006																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	01/09/2012				28/09/2012				23/10/2012				16/11/2012				11/12/2012				04/01/2013			
Km	548.728				553.693				558.702				563.761				568.729				573.781			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,07	9,20	53	4.15	0,08	15,00	34	3.12	0,09	18,13	29	2.14	0,08	19,72	30	1.25	0,04	17,96	27	0.69	0,11	18,37	24	0.19
CRUCERO	0,05	6,66	121	7.84	0,07	14,98	33	6.32	0,03	16,28	96	4.69	0,09	19,33	73	2.99	0,11	21,48	47	0.98	0,08	24,52	41	0.28

Tabla 9. (Continúa) VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
5	MATRICULA VES - 331																							
	MOVIL 6526																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	23/08/2012				25/10/2012				13/11/2012				05/01/2013				12/02/2013				15/03/2013			
Km	561.200				566.241				571.196				576.312				580.994				586.003			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,62	8,17	124	4,86	0,11	5,51	152	9,61	0,84	13,71	58	5,56	1,00	13,80	68	2,56	1,12	14,07	79	0,30	1,07	15,18	82	1,20
CRUCERO	0,99	9,40	203	2,89	0,11	9,18	88	3,96	0,92	13,66	28	2,07	0,90	13,29	75	1,34	0,94	13,99	77	0,48	0,99	14,38	91	1,18
6	MATRICULA VEV - 728																							
	MOVIL 4054																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	24/08/2012				28/09/2012				22/10/2012				20/11/2012				18/12/2012				14/01/2013			
Km	548.664				553.679				558.671				563.669				568.687				573.672			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	1,02	9,42	312	4,68	0,99	8,67	369	4,62	1,00	8,88	391	4,12	0,91	8,36	412	4,05	0,98	7,71	404	4,98	1,07	7,31	298	4,95
CRUCERO	1,48	12,45	368	2,98	1,12	7,99	395	2,69	1,18	9,45	436	2,68	1,23	7,99	461	2,56	1,67	7,94	495	2,99	1,59	8,31	596	3,01

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
7	MATRICULA SMX - 704																							
	MOVIL 2876																							
	MODELO 2010																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	08/08/2012				01/09/2012				21/09/2012				14/11/2012				13/12/2012				02/01/2013			
Km	551.419				556.441				561.439				566.429				571.447				576.435			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,62	13,91	431		0,78	14,53	412		0,71	12,56	398		0,79	13,41	409		0,77	11,46	384		0,89	10,12	349	
CRUCERO	0,69	19,84	496		0,89	16,82	463		0,73	18,92	421		0,86	14,32	412		0,81	12,10	401		0,91	13,51	398	
8	MATRICULA VFD - 419																							
	MOVIL 3850																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	10/09/2012				03/10/2012				24/10/2012				16/11/2012				04/12/2012				27/12/2012			
Km	555.873				560.877				565.874				570.889				575.881				580.949			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	1,31	9,12	146	1,20	1,42	8,66	201	1,65	1,51	8,31	165	1,98	1,59	8,24	143	2,56	1,61	7,42	139	2,87	1,66	7,31	140	2,99
CRUCERO	2,07	7,35	199	1,18	1,95	7,12	191	1,22	1,98	8,34	195	1,55	2,31	8,29	149	1,86	2,43	8,12	144	1,91	2,39	8,21	152	2,08

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
9	MATRICULA VEX - 851																							
	MOVIL 6020																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	29/08/2012				02/10/2012				02/11/2012				03/12/2012				27/12/2012				26/01/2013			
Km	554.111				559.124				564.119				569.123				574.136				579.172			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,45	14,69	112		0,48	15,99	166		0,56	14,32	182		0,69	12,67	194		0,79	12,54	201		0,75	11,68	206	
CRUCERO	0,62	14,59	192		0,59	15,62	195		0,69	13,99	188		0,74	13,24	203		0,84	12,99	209		0,86	12,01	221	
10	MATRICULA VEV - 993																							
	MOVIL 177																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	12/09/2012				06/10/2012				28/10/2012				15/11/2012				07/12/2012				19/12/2012			
Km	556.717				561.729				566.725				771.742				576.733				581.745			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,66	12,78	113	4,96	0,81	12,41	119	4,95	0,84	11,59	139	4,64	0,96	10,03	167	4,62	0,99	9,48	183	4,6	1,12	8,99	192	4,62
CRUCERO	0,78	11,91	139	2,88	0,90	12,98	148	2,78	0,99	13,01	163	2,66	1,06	12,56	182	2,55	1,15	11,02	191	2,6	1,16	10,35	214	2,78

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																												
CON COMPLEMENTO LUBRICANTE																												
1	MATRICULA VEV-111																											
	MOVIL 411																											
	MODELO 2009																											
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6							
FECHA	08/08/2012				25/09/2012				26/10/2012				10/11/2012				07/12/2012				21/12/2012							
Km	550.375				555.160				560.287				565.321				570.239				575.328							
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,94	9,02	538	3.31	0,99	9,34	486	2.72	0,72	8,60	734	3.97	0,88	8,13	100	4.38	0,86	8,47	899	4.10	0,84	8,50	850	4.12				
CRUCERO	1,11	9,62	127	2.53	1,99	9,32	274	1.72	1,59	9,73	182	1.60	1,13	9,68	173	2.20	0,84	10,38	161	1.54	0,82	10,50	170	1.46				
2	MATRICULA VER - 103																											
	MOVIL 2238																											
	MODELO 2008																											
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6							
FECHA	08/08/2012				26/09/2012				28/10/2012				29/11/2012				19/12/2012				02/02/2013							
Km	551.327				556.418				561.339				566.439				571.219				576.491							
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,08	11,28	116	1.40	0,89	11,31	118	1.45	0,11	10,98	111	1.38	0,20	10,12	110	1.47	0,26	9,61	109	1.40	0,41	9,12	113	4.53				
CRUCERO	0,27	11,03	123	1.44	0,26	10,59	119	1.46	0,30	10,31	120	1.40	0,34	9,63	118	1.42	0,39	9,29	115	1.45	0,42	9,15	116	4.50				

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
CON COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
3	MATRICULA VEQ - 964																							
	MOVIL 2241																							
	MODELO 2008																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	14/08/2012				29/08/2012				14/09/2012				02/10/2012				26/10/2012				10/11/2012			
Km	551.940				557.118				561.968				566.887				571.943				577.036			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	3,65	7,96	582	1,92	3,65	7,87	401	4,56	4,18	7,81	381	5,97	6,78	7,54	341	4,55	14,16	7,69	333	4,75	19,00	7,73	326	5,97
CRUCERO	4,71	5,53	149	4,07	4,62	6,52	140	3,52	4,77	7,83	136	2,01	3,41	8,18	139	3,91	2,37	8,87	137	2,16	1,15	9,79	132	2,01
4	MATRICULA VER - 155																							
	MOVIL 1321																							
	MODELO 2008																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	14/08/2012				28/08/2012				06/10/2012				25/10/2012				13/11/2012				01/12/2012			
Km	550.008				555.262				560.137				565.067				570.108				575.237			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,71	10,32	172	2,20	0,70	10,40	271	2,18	0,69	9,89	340	2,88	0,65	8,75	664	3,68	0,66	9,02	585	2,99	0,61	8,94	602	2,97
CRUCERO	0,71	10,41	124	2,44	0,74	10,43	136	2,66	0,75	10,38	144	2,27	0,75	10,41	151	1,49	0,79	10,40	162	1,36	0,78	10,40	153	1,22



VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
CON COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
5	MATRICULA VEJ - 857																							
	MOVIL 295																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	08/08/2012				22/08/2012				08/10/2012				26/10/2012				30/11/2012				03/01/2013			
Km	563.416				568.332				573.295				578.448				583.351				588.300			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,06	14,25	15	1.39	0,43	16,31	19	1.38	0,39	15,62	22	1.39	0,31	14,31	34	1.48	0,26	13,91	31	1.45	0,22	13,86	29	1.56
CRUCERO	0,07	12,65	14	1.40	0,14	11,67	15	1.45	0,16	10,33	21	1.44	0,11	10,42	23	1.58	0,8	10,11	27	1.50	0,11	11,31	27	1.39
6	MATRICULA SWS - 618																							
	MOVIL 1027																							
	MODELO 2010																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	13/08/2012				29/08/2012				16/09/2012				05/10/2012				02/11/2012				30/11/2012			
Km	548.329				553.361				558.291				563.334				568.329				573.348			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	1,24	8,13	283	2.71	1,07	9,16	319	2.66	1,12	8,07	329	2.65	1,15	7,56	331	2.69	1,06	7,13	347	2.63	1,03	7,03	384	2.89
CRUCERO	1,33	7,92	229	1.71	1,17	7,32	216	1.69	1,21	7,06	241	1.59	1,09	6,91	257	1.60	0,98	6,87	294	1.62	1,04	6,93	331	1.89

VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
CON COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
7	MATRICULA VFD - 138																							
	MOVIL 6540																							
	MODELO 2010																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	04/09/2012				18/09/2012				03/10/2012				21/10/2012				08/11/2012				27/11/2012			
Km	557.631				562.661				567.642				572.637				577.635				582.652			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,91	14,32	217	3.67	0,97	16,91	229	2.9	0,94	15,39	224	2.81	0,98	19,54	241	2.34	1,12	18,37	249	2.22	0,99	19,79	247	2.02
CRUCERO	0,87	19,12	319	1.59	0,89	17,43	316	1.35	0,96	14,77	301	1.28	0,91	16,39	298	1.09	0,97	16,79	317	1.02	0,92	18,48	321	1.02
8	MATRICULA VEV - 194																							
	MOVIL 355																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	14/08/2012				17/09/2012				20/10/2012				17/11/2012				15/12/2010				02/01/2013			
Km	560.216				565.231				270.224				575.246				580.231				585.229			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	3,12	9,12	141	4.02	3,41	10,39	137	3.58	4,39	10,12	121	2.95	3,16	9,36	112	2.41	2,48	9,66	96	2.32	2,07	9,17	90	2.19
CRUCERO	5,18	4,43	316	2.18	5,42	5,18	221	2.01	4,78	5,97	199	1.86	4,71	6,09	207	1.78	3,99	6,31	184	1.55	3,16	7,02	173	1.38

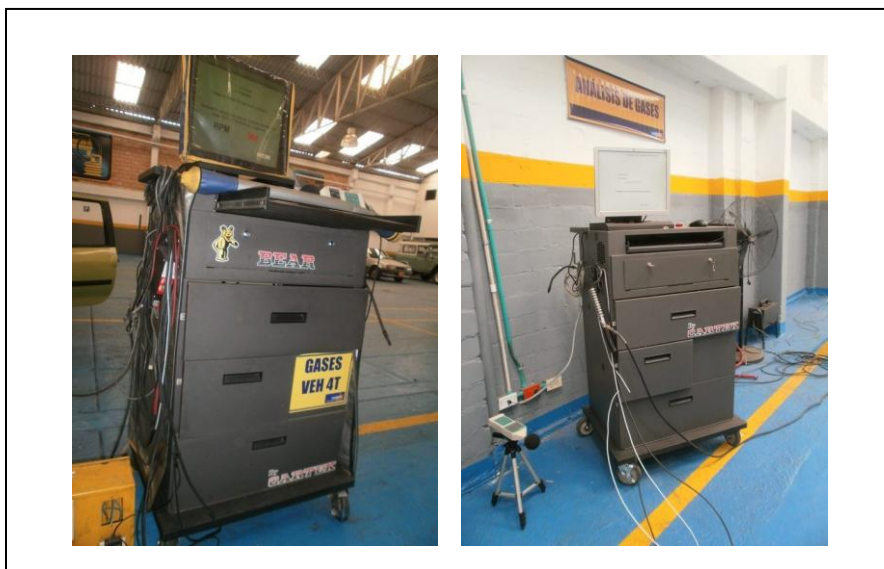
VEHICULOS SERVICIO PUBLICO - TAXI HYUNDAI ATOS - 1000 CC - GASOLINA																								
CON COMPLEMENTO LUBRICANTE																								
9	MATRICULA VFA - 660																							
	MOVIL 8345																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	23/08/2012				10/09/2012				01/10/2012				24/10/2012				15/11/2012				10/12/2012			
Km	553.798				558.807				563.794				568.827				573.827				578.816			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,04	11,39	119	1,90	0,09	12,49	139	1,96	0,16	16,89	143	1,85	0,17	19,43	137	1,89	0,11	22,13	150	1,52	0,14	21,51	157	1,48
CRUCERO	0,73	14,64	142	3,8	0,81	17,33	152	2,4	0,77	21,12	157	2,33	0,64	19,81	169	2,31	0,60	17,47	163	2,22	0,54	18,24	165	2,08
10	MATRICULA VEZ - 384																							
	MOVIL 198																							
	MODELO 2009																							
	MEDICION 1				MEDICION 2				MEDICION 3				MEDICION 4				MEDICION 5				MEDICION 6			
FECHA	09/08/2012				24/08/2012				08/09/2012				21/09/2012				01/10/2012				18/10/2012			
Km	551.313				556.319				561.336				566.325				571.339				576.321			
ESTADO	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2	CO	CO2	HC	O2
RALENTI	0,73	7,31	216	3,30	0,77	7,42	235	3,28	0,82	8,49	204	3,29	0,87	9,44	196	3,33	0,91	8,99	178	3,02	0,91	9,03	184	3,35
CRUCERO	0,82	7,79	199	2,50	0,74	8,39	212	2,51	0,86	8,67	182	2,68	0,92	10,34	173	2,61	0,97	11,28	169	2,59	0,93	11,78	171	2,50
ESTANDAR BAJO NORMA																								
ESTADO	CO	CO2	HC	O2																				
RALENTI	< = 1,00 %	> = 7,00 %	< = 200 PPM	< = 5,00 %																				
CRUCERO	< = 1,00 %	> = 7,00 %	< = 200 PPM	< = 5,00 %																				

## ANEXO D

### PROTOCOLO DE MEDICIÓN

Para el instrumento analizador de gases se diseñó, un protocolo de medición que garantiza la fácil reproducción de los procedimientos:

Protocolo de medición analizador de gases, instructivo para calibrar el analizador de gases modelo tipo B40-5030-10 BEAR – CARTEK, antes de realizar una medición.



**Analizador de gases B-40-5030-10 Bear – Cartex**

**Introducción o generalidades.** Definición de los pasos que deben seguirse antes de realizar una medición en el vehículo; el operario debe conocer el manual de operación del analizador de gases, antes de realizar cualquier manipulación en el equipo.

**Puesta en marcha del sistema de medición del analizador B40-5030-10, BEAR – CARTEK.**


Antes de poner en marcha el sistema, se debe comprobar que:

1. Todos los componentes del sistema estén conectados correctamente:
  - a. Sonda de medición de gases.
  - b. Cable de poder del analizador.
  - c. Cable RS-232/USB al Computador.
2. El analizador contenga suficiente carga (8 V - 10 V) en la batería para realizar la prueba y/o está trabajando con conexión directa a una fuente de 110 voltios A.C (corriente alterna).
3. Todos los componentes del sistema reciben la alimentación adecuada.
4. El computador debe estar encendido y conectado a una fuente de poder o tener la cantidad suficiente de carga (50% carga medida en el indicador de batería).



**Analizador de gases**

### **Puesta en marcha del analizador de gases B40-5030-10 BEAR – CARTEK.**

Presionar  para la puesta en marcha del analizador de gases.

1. Se muestra la pantalla de activación y se busca en el bus de datos por si hubiera componentes del sistema conectados (esto puede durar hasta 60 s).



dependientes se calculan con este valor. Este método de medición de la temperatura ambiente es válido para aquellos sistemas dependientes de esta.

### **Configurar la visualización en pantalla (computador)**

1. Abra la aplicación Emisión Software.
2. Hacer doble click en el icono que se encuentra en el escritorio.
3. Inicio/programas/Emisión Software.
4. Seleccione sobre la barra derecha, medición en tiempo real con el analizador B40-5030-10 BEAR – CARTEK.
5. Espere a que automáticamente se conecte al analizador B40-5030-10 BEAR – CARTEK (si está en el puerto adecuado, de lo contrario tendrá que buscarlo).
6. Seleccione orden de visualización.
7. Seleccione añadir todo.
8. Seleccione control del analizador B40-5030-10 BEAR – CARTEK, pestaña que se encuentra en la parte superior (en la misma ventana tras la conexión con el analizador).
9. Click en la pestaña de dilución y escoja 20x.
10. Seleccionar diagrama en la pestaña de la misma ventana.
11. Click en configuraciones en la parte izquierda inferior.
12. En esta nueva ventana aparecen unas pestañas correspondientes a cada una de las curvas que se presentaran en el diagrama; selecciónelas en el siguiente orden:
  - Curva 1: O<sub>2</sub> (Oxígeno).
  - Curva 2: CO (Monóxido de carbono).
  - Curva 3: O<sub>2</sub> (Oxígeno).
  - Curva 4: O<sub>2</sub> (Oxígeno).
  - Curva 5: O<sub>2</sub> (Oxígeno).

13. Escoja el puerto donde está conectado el cable USB al computador.
14. Espere que el computador reconozca el analizador B40-5030-10 BEAR – CARTEK.
15. Configuración de visualizador.
16. Ajustes en el visualizador.
17. Seleccione el color deseado.
18. De click en Aplicar.
19. Tiempo por medición/duración por reloj (tiempo estimado de medición).

La asignación de parámetros, unidades de medición (campos en la pantalla de medición), se pueden cambiar. Están disponibles los siguientes parámetros y unidades:



## Especificaciones de unidades de sensores

Visual.	Parámetro	Unidades	Visual.	Parámetro	Unidades
O2	Oxígeno	%	Opac	Número opacidad	-
CO	Monóxido de carbono	ppm, %, g/GJ, mgm <sup>3</sup> , mgKW	Oled	Derivado del crudo	-
NO	Monóxido de nitrógeno	ppm, %, g/GJ, mgm <sup>3</sup> , mgKW	Tcr	Temperatura radiación	°C, °F
S02	Dióxido de sulfuro	ppm, %, g/GJ mgm <sup>3</sup> , mgKW	O2rf	Valor referencia de oxígeno	%
NO2	Dióxido de nitrógeno	ppm, %, g/GJ mgm <sup>3</sup> , mgKW	CO2m	Valor máx. dióxido carbono	%
CxHy	Hidrocarburos	ppm, %, g/GJ mgm <sup>3</sup> , mgKW	deltaP	Presión diferencial	mbar, hPa, mmWS, inW
H2	Hydrogen	ppm	Tiro	Tiro	mbar, hPa, mmWS, inW
NOx	Oxidos de nitrógeno	ppm, %, g/GJ, mgm <sup>3</sup> , mgKW	Bat	Voltaje de la batería al analizador	V
TH	Tª productos combustión	°C, °F	IT	Temperatura del instrumento	°C, °F
TA	Tª aire combustión	°C, °F	O/h	Horas de funcionamiento	h
deltaT	Temperatura diferencial T1 - T2	°C, °F	Bomb	Caudal bomba	l/m
T1	Tª sonda en zócalo T1	°C, °F	VeFL	Velocidad	m/s
T2	Tª sonda en zócalo T2	°C, °F	Caud	Caudal	m <sup>3</sup> /s, m <sup>3</sup> /m, m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /T, m <sup>3</sup> /J
qA	Pérdida por humos	%	Tdgs	Tª punto rocío gases comb.	°C, °F
CO2	Dióxido de carbono	%	MCO, MSO2,	Caudal másico	kg/h, kg/T, t/h, t/T, t/J
Lamb	Proporción de aire	-	MNOx		
Ren	Rendimiento	%	Comb	Combustible	-
dCO	Monóxido carbono sin diluir	ppm	DiIF	Fase dilución CO	-
			RTim	Periodo de gas residual hasta siguiente fase de limpieza	min

*Nota. Manual B40-5030-10 BEAR – CARTEK.*

**Configurar situaciones.** La memoria del analizador B40-5030-10 BEAR – CARTEK, se organiza de tal forma, que una situación debe estar activada para identificar una medición memorizada. La situación por defecto se llama Noname. Cuando se guardan las lecturas, estas se asignan a la situación activa en ese momento.

Se pueden guardar varias mediciones en cada situación. También se pueden organizar las situaciones en carpetas/subcarpetas. El número máximo de mediciones que se pueden guardar

depende si estas se guardan en su situación correspondiente, o si todas se guardan exclusivamente en una sola situación.

**¡Las lecturas no memorizadas se pierden si el instrumento se desconecta!**

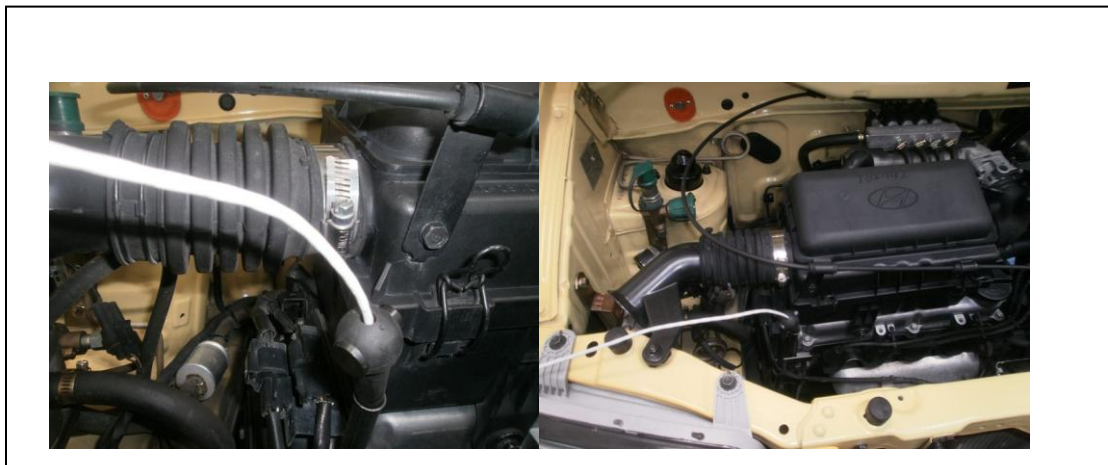
### **Realización de una prueba de análisis de gases en el vehículo**

Procedimiento:

1. Ingresar el número del código de barras asignado en la entrada que corresponde a la información del vehículo.
2. Verificar la identificación del vehículo (placa).
3. Eliminar de los filtros y de la sonda el material particulado, el agua o la humedad y toda sustancia extraña que pueda alterar las lecturas de la muestra.
4. Verificar que el vehículo este en neutro (transmisiones manuales) o en parqueo o neutral (transmisiones automáticas).
5. Debe verificar que no existan obstáculos que impidan el avance libre del pedal del acelerador en todo su recorrido. Si existen tales obstáculos la prueba debe ser rechazada.
6. Las ruedas del vehículo deben estar bloqueadas o el vehículo debe estar inmovilizado para evitar que se ponga en movimiento durante la prueba.
7. Verificar que las luces y los accesorios como el aire acondicionado, entre otros estén desconectados y cuando sea aplicable el control manual del choque (ahogador) este en posición de apagado.
8. Verificar que no existan fugas en el tubo de escape, silenciador, tapa de llenado del tanque de combustible, tapa de llenado del aceite del motor y en las uniones la múltiple de escape o alguna salida adicional a la del diseño, que provoquen una dilución de los gases del escape o una fuga de los mismos. En caso de que se presente alguna de estas circunstancias el inspector debe

ingresar al sistema la información correspondiente, para que el software del medidor de humo permita la generación del informe de rechazo de la prueba.

9. Verificar estado de la sonda de temperatura e instalarla.



#### **Inserción de sonda de temperatura.**

10. Introducir sonda de muestreo en el sistema de escape según el tipo de combustible que maneje el vehículo (Gasolina y ACPM).

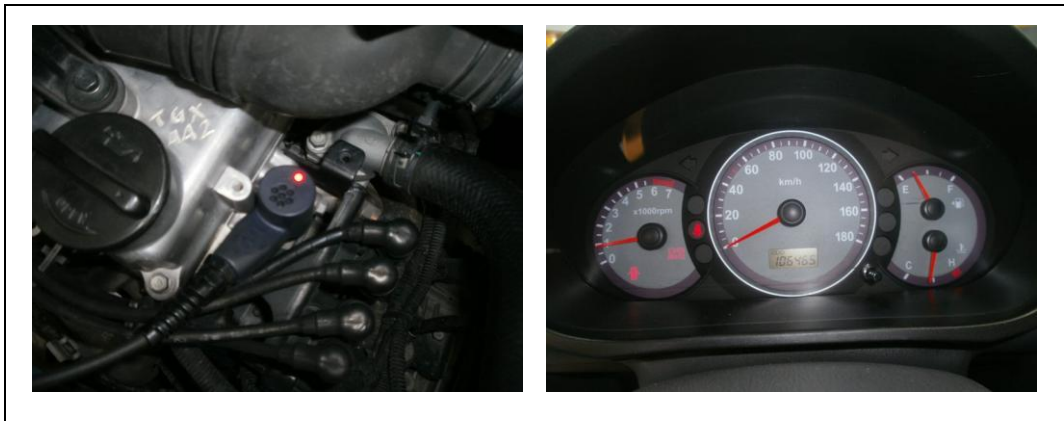


#### **Sonda de muestreo e inserción de la misma al sistema de escape**

**NOTA:** para vehículos Diesel que dispongan de dos salidas independientes de gases de escape debe acoplar la segunda sonda de muestreo y colocar una sonda en cada salida de gases de escape.

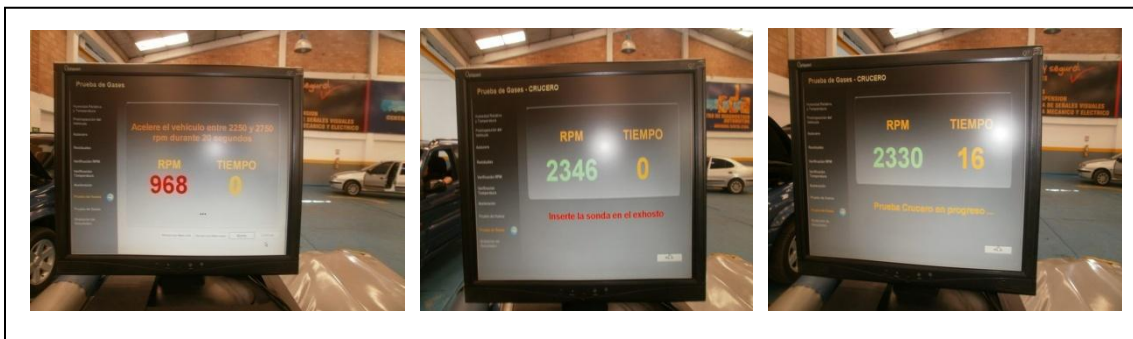
11. Ingresar al módulo de rpm (revoluciones por minuto).

12. Colocar en marcha el motor del vehículo y verificar que este llegue a su temperatura normal de operación, mediante las lecturas dadas para la sonda que determina la temperatura del aceite del motor, la cual debe estar dentro de los rangos de temperatura normal de operación. Si el motor no cumple con los rangos de temperatura de operación, se pone en marcha el motor/vehículo bajo carga durante al menos 15 min, o hasta que la temperatura del aceite indique que se han alcanzado dichas temperaturas normales de operación del motor.



### Verificación temperatura normal de operaciones

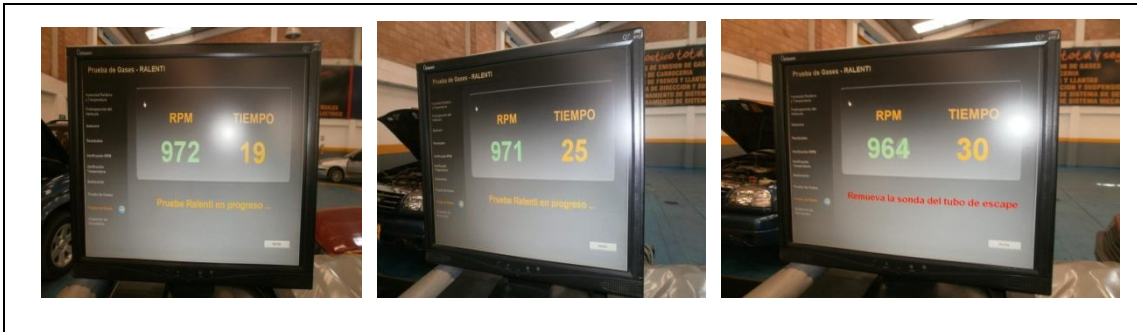
13. Efectuar una aceleración a  $2500 \text{ rpm} \pm 250 \text{ rpm}$  para vehículos a gasolina, manteniendo esta condición por treinta (20) s. si se presenta ignición de humo negro o azul y este se presente de manera constante por más de 10 s, no se continuará con el procedimiento de prueba y el vehículo será rechazado, en este caso el inspector debe ingresar al sistema la correspondiente información para la generación del informe de rechazo de la prueba.



### Prueba crucero

14. Para el caso de vehículos a Diesel, verificar que el gobernador de la bomba de inyección esté limitando la velocidad del motor, para la cual se debe seguir el procedimiento descrito por la NTC 4231 numeral 3.3.1(j).

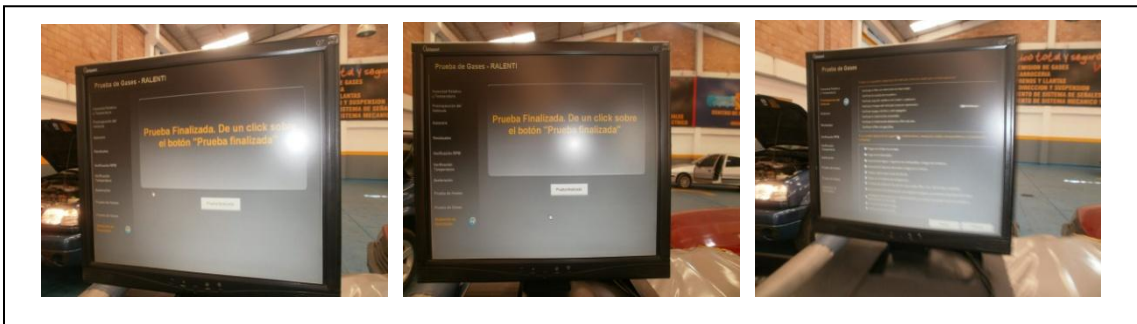
15. Realizar prueba de gases en ralentí.



### Pruebas Ralentí

16. Desconectar sonda y sistemas de medición.

17. Seleccionar opción finalizar prueba para grabar los resultados.



### Finalización de la prueba

**NOTA 1:** Si el vehículo funciona con gas - gasolina la prueba debe realizarse en gasolina.

**NOTA 2:** Todas las actividades relacionadas con la operación del software y equipos MAHA debe ser realizado según lo establecido en el manual de usuario establecido por el fabricante.

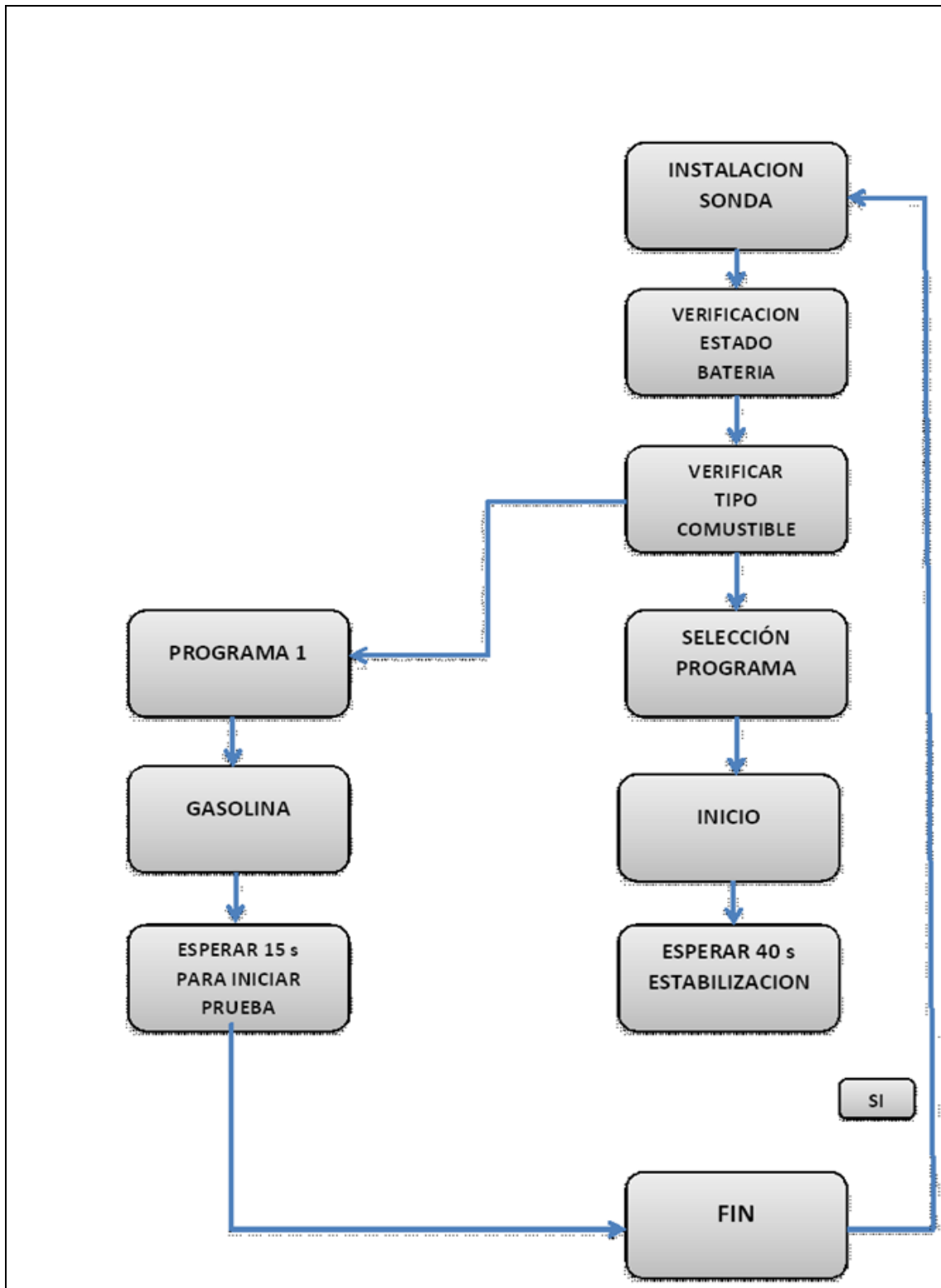
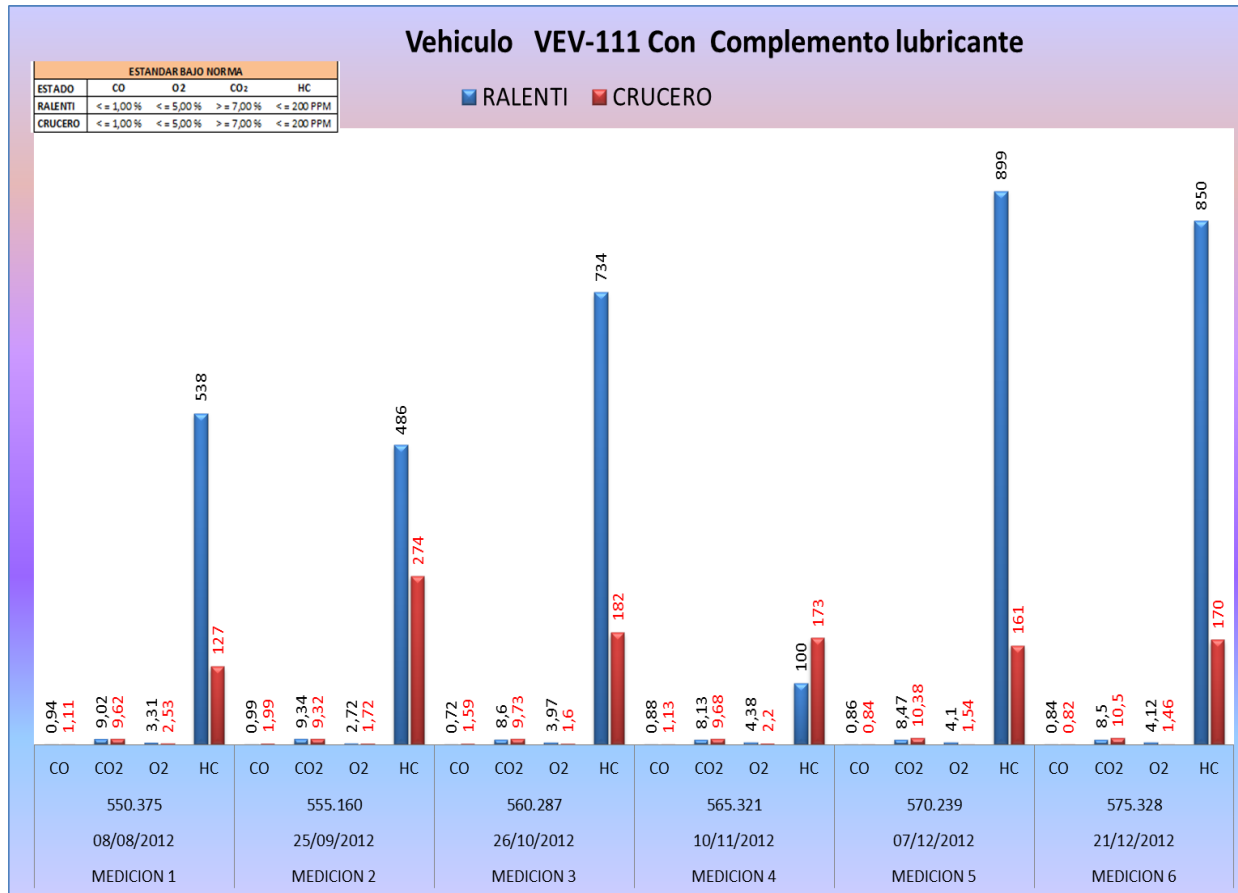


Diagrama de flujo de prueba de gases con el analizador B40-5030-10 Bear – Cartek

**ANEXO E**

**COMPARACION GENERAL DE LA EMISIÓN DE GASES DE LOS VEHÍCULOS**

**SELECCIONADOS CON COMPLEMENTO LUBRICANTE**



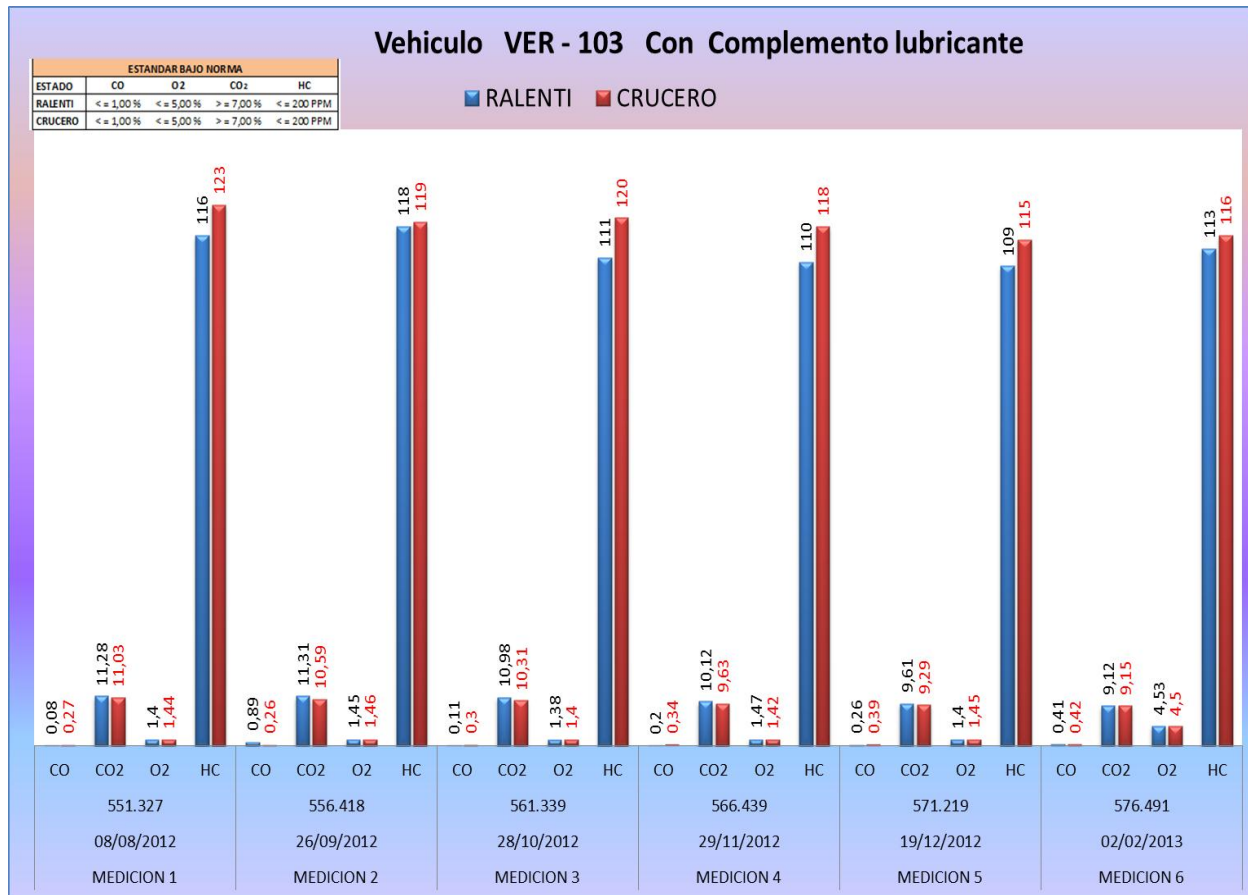
**Vehículo VEV-111 con complemento lubricante**

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO está ligeramente por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero pero este tiende a disminuir paulatinamente.

- El porcentaje de  $\text{CO}_2$  se mantiene constante y ligeramente por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de  $\text{CO}_2$  tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de  $\text{O}_2$  se mantiene oscilante referente a los valores reglamentarios pero cercanos a estos en estado de ralentí.
- El porcentaje de  $\text{O}_2$  tiende a decrecer y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- Las PPM de HC se mantiene muy por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC se mantiene constante por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.



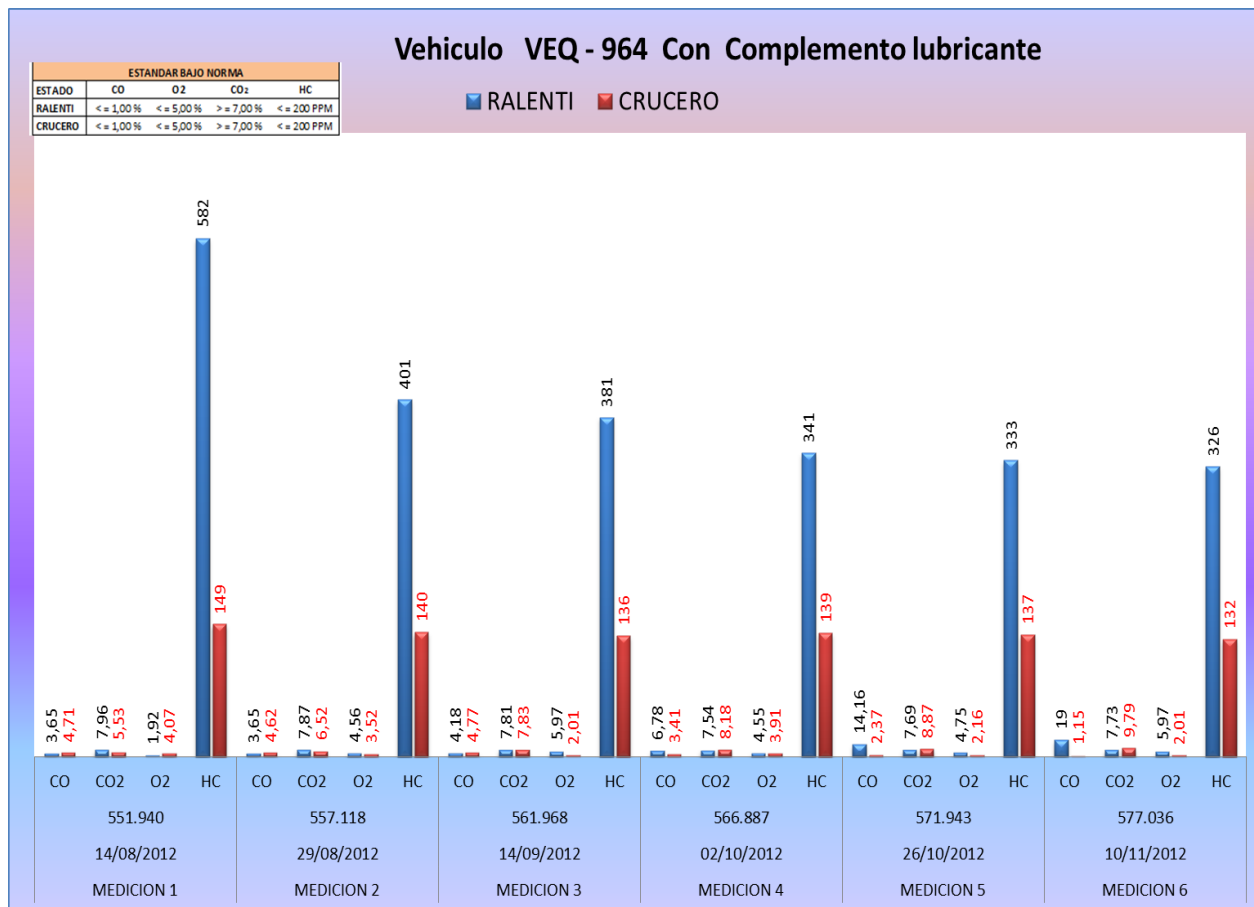


### Vehículo VER 103 con complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO se muestra oscilante, pero se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO se mantiene constante por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente pero se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente pero se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

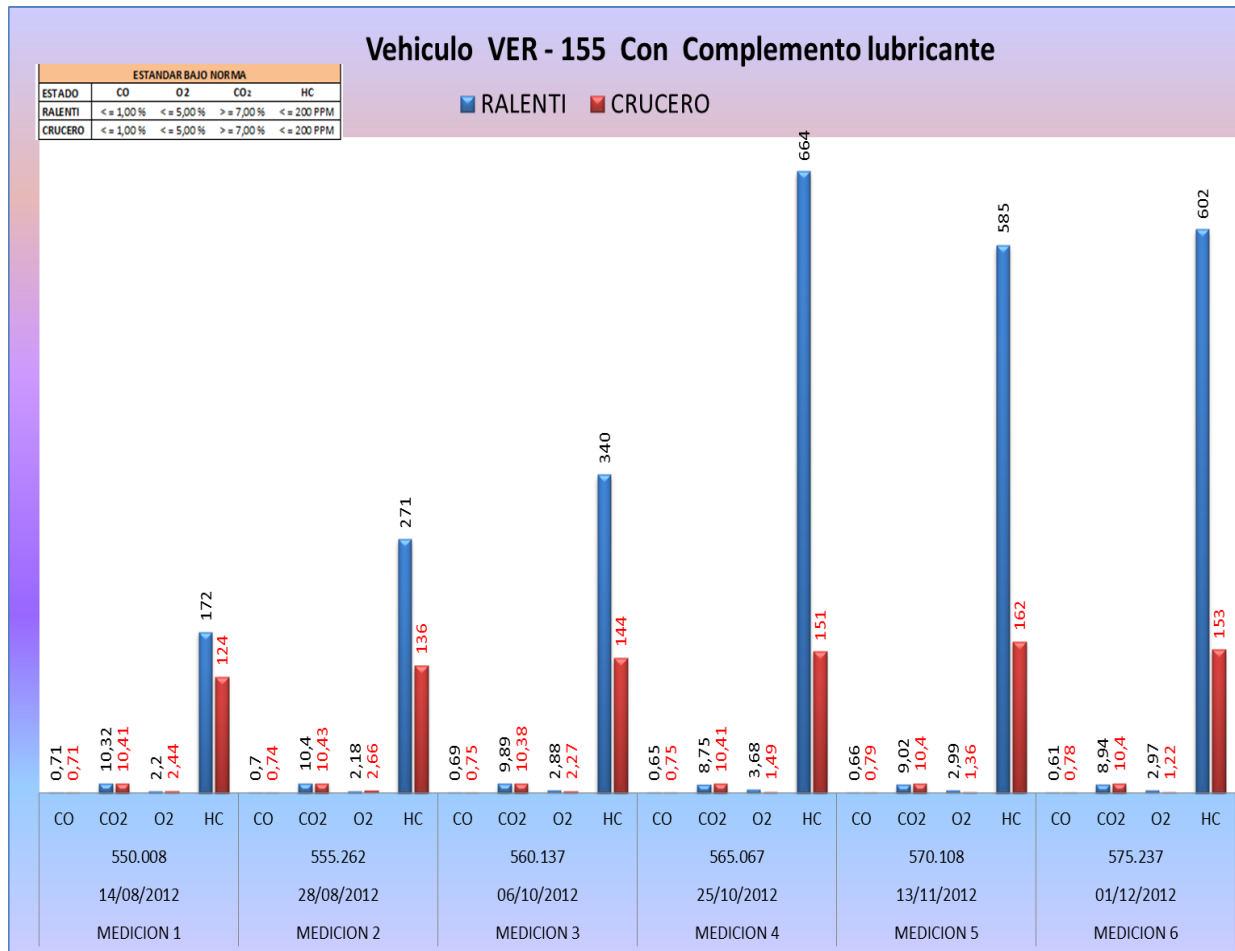
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- Las PPM de HC se mantienen por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- Las PPM de HC se mantiene constante por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.



### Vehículo VEQ 964 con complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a disminuir pero se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> se mantiene constante y ligeramente por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> inició por abajo del nivel reglamentario, tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí tendiendo a crecer.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero tendiendo a decrecer.
- Las PPM de HC tienden a disminuir pero se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC se mantiene constante por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

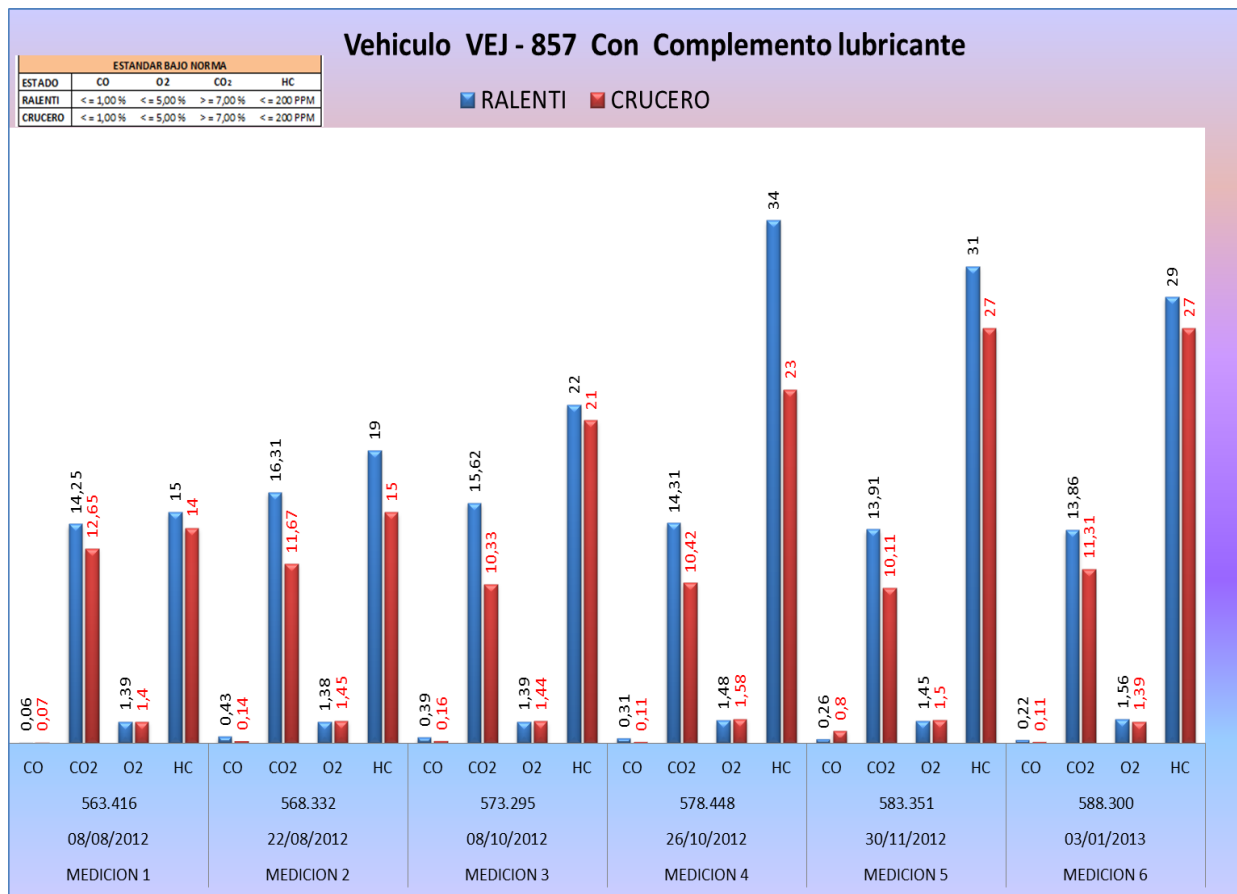


### Vehículo VER 155 con complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO permanece constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO permanece constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene y por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a crecer.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a decrecer
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantienen por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC se mantiene constante por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.



### Vehículo VEJ 857 con complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO tiende a disminuir levemente, se mantiene muy próximo y por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO tiende a disminuir levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero pero este tiende a disminuir paulatinamente.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

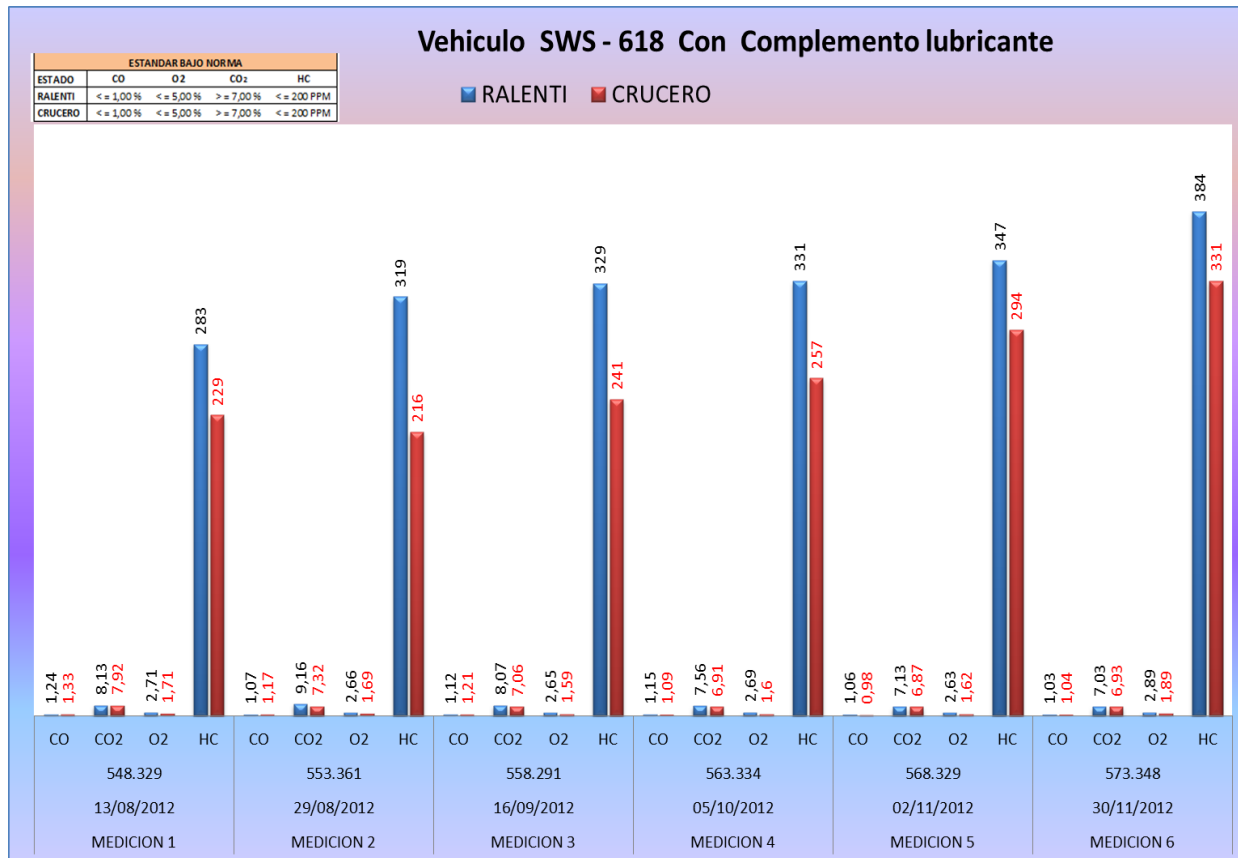
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a mantenerse constante.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a mantenerse constante.

- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene constante por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

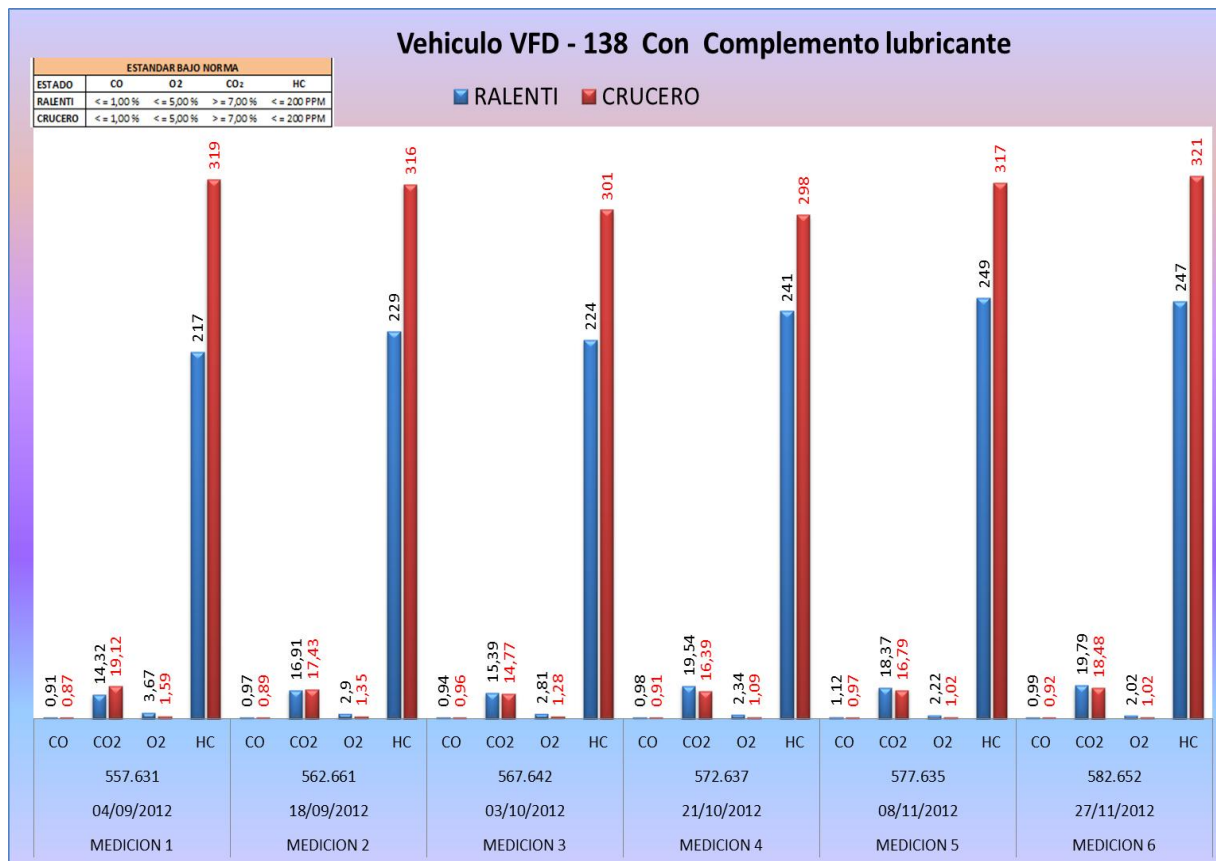


### Vehículo SWS 618 con complemento lubricante. Autores

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO tiende a disminuir levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a disminuir levemente está por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero pero este tiende a disminuir paulatinamente.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene ligeramente por arriba y por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a mantenerse constante.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a mantenerse constante.
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

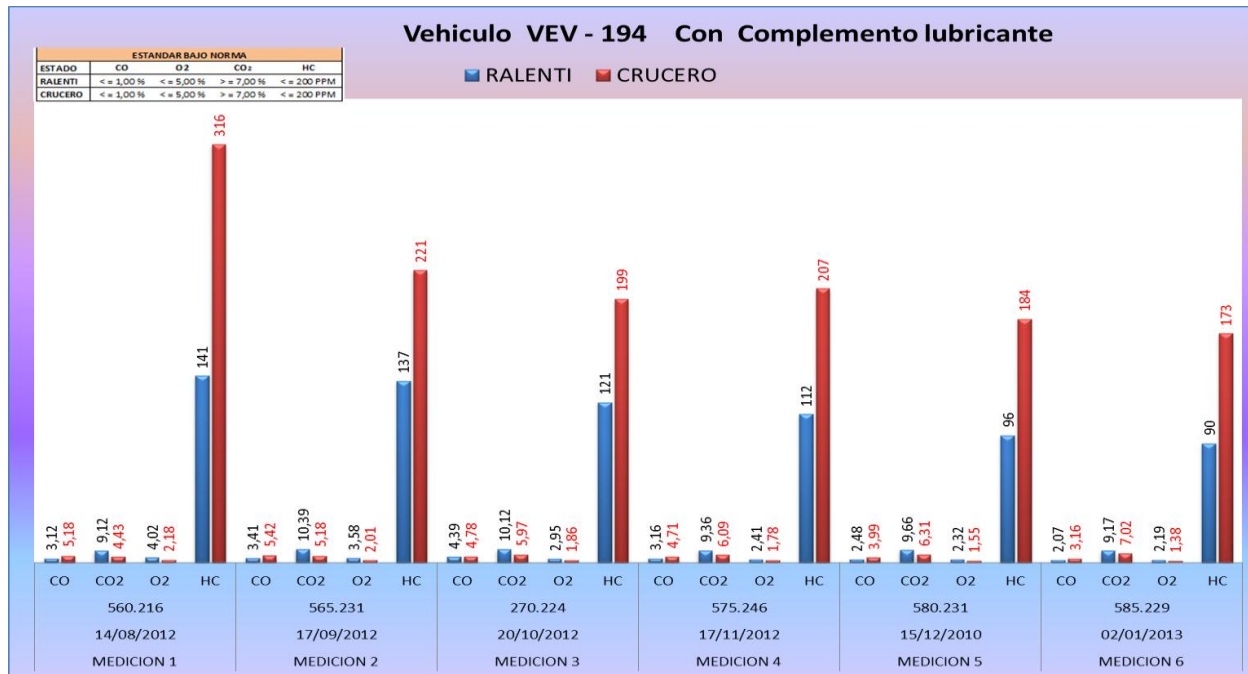


**Vehiculo VFD 138 con complemento lubricante**

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:



- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruce.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruce.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a mantenerse constante.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de cruce, tendiendo a decrecer.
- Las PPM de HC tienden a crecer levemente pero se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tienden a crecer pero se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruce.



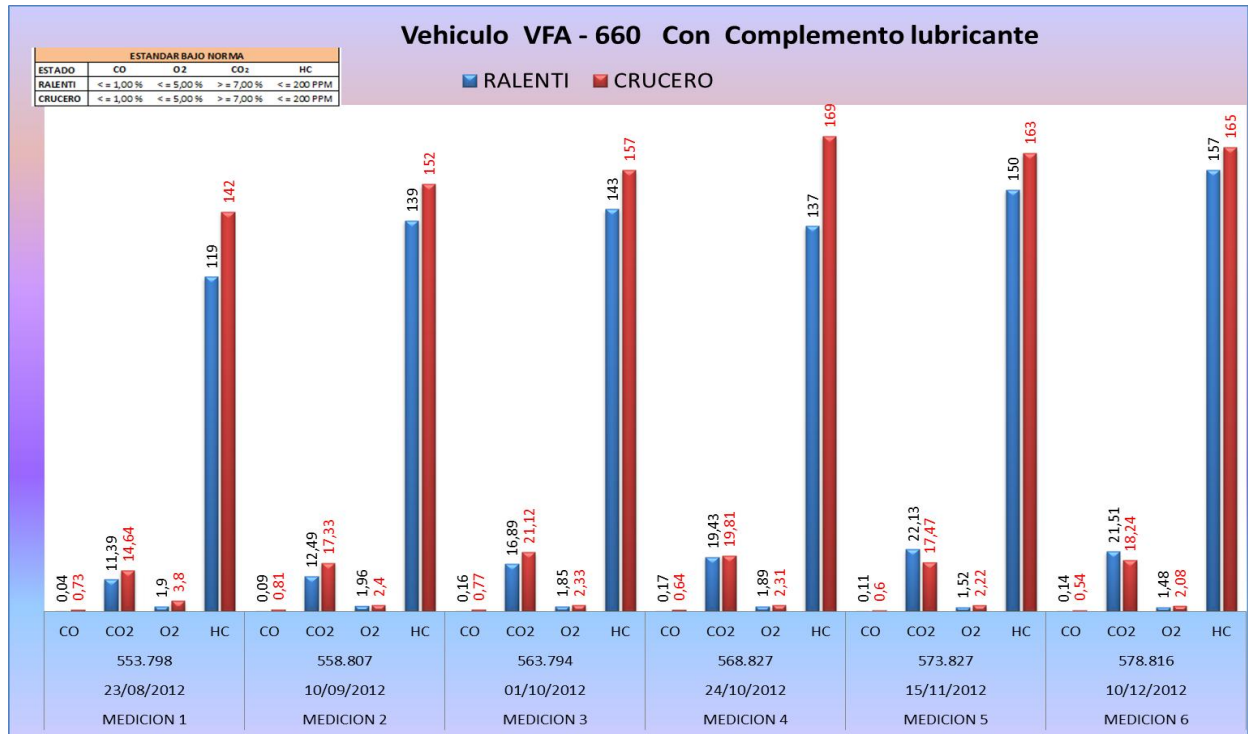
### Vehículo VEV 194 con complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> se mantiene constante y por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por abajo alcanzando el límite de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a decrecer.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a decrecer

- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene muy por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.

- Las PPM de HC tiende a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.



### Vehículo VFA 660 con complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo pero este tiende a disminuir paulatinamente.

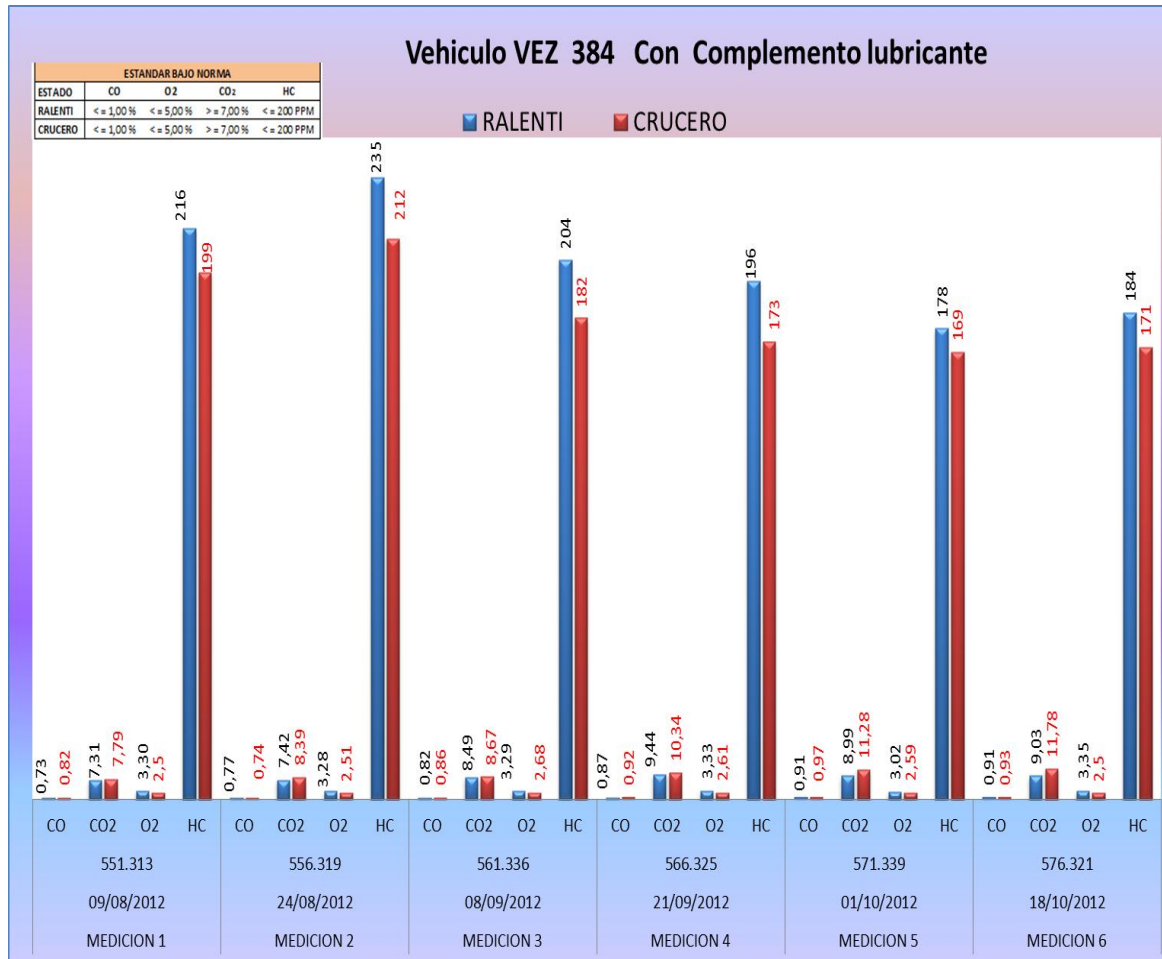
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralenti.

- El porcentaje de  $\text{CO}_2$  tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de  $\text{O}_2$  se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a decrecer.

- El porcentaje de  $\text{O}_2$  se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a decrecer

- Las PPM de HC tiende a crecer ligeramente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.



- Las PPM de HC tiende a crecer y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero. **Vehículo VEZ 384 con complemento lubricante**

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones muestra que:

- El porcentaje de CO tiende a crecer muy levemente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

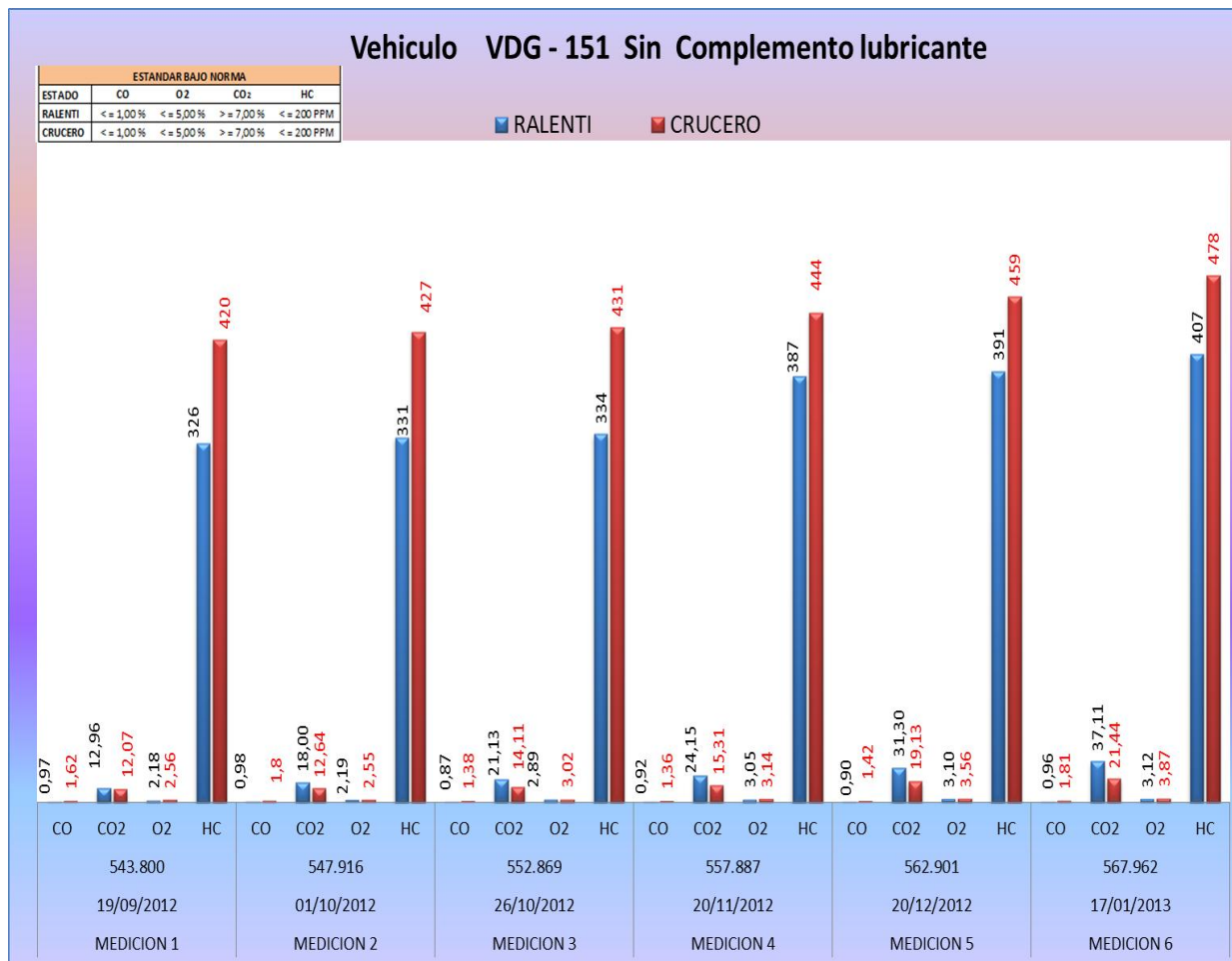
- El porcentaje de CO tiende a crecer muy levemente y está por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer levemente y se mantiene ligeramente por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene levemente por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a mantenerse constante.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a mantenerse constante.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

## ANEXO F

### ANÁLISIS GENERAL DE LA EMISIÓN DE GASES DE LOS VEHÍCULOS SELECCIONADOS SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE

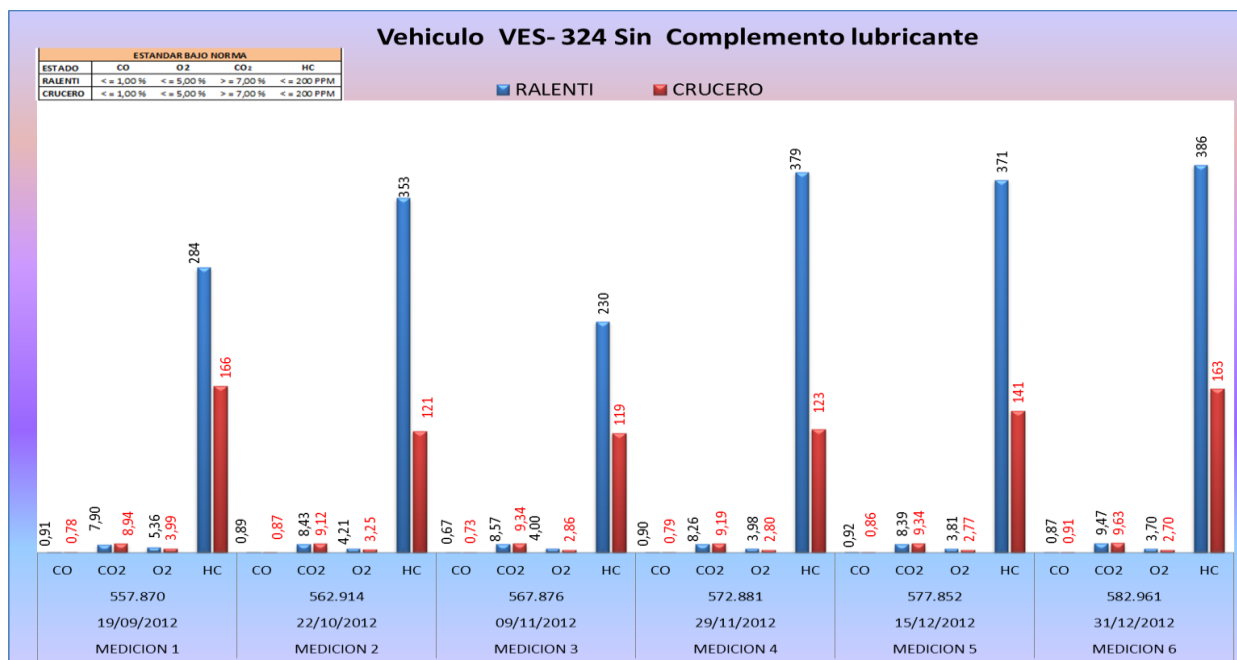


#### Vehículo VDG-151 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a crecer.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a crecer.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.



**Vehículo VES - 324 sin complemento lubricante**



Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

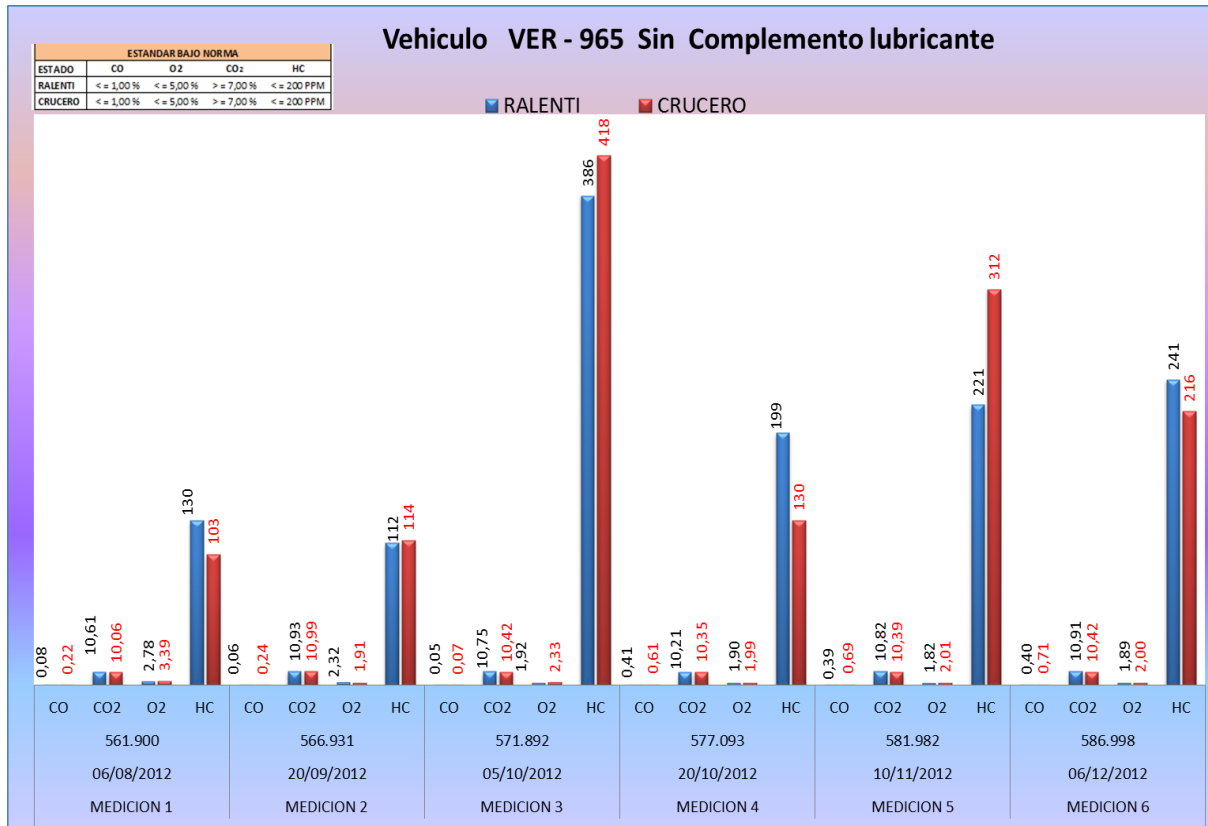
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a decrecer.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a decrecer

- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- Las PPM de HC tienden a permanecer constantes y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

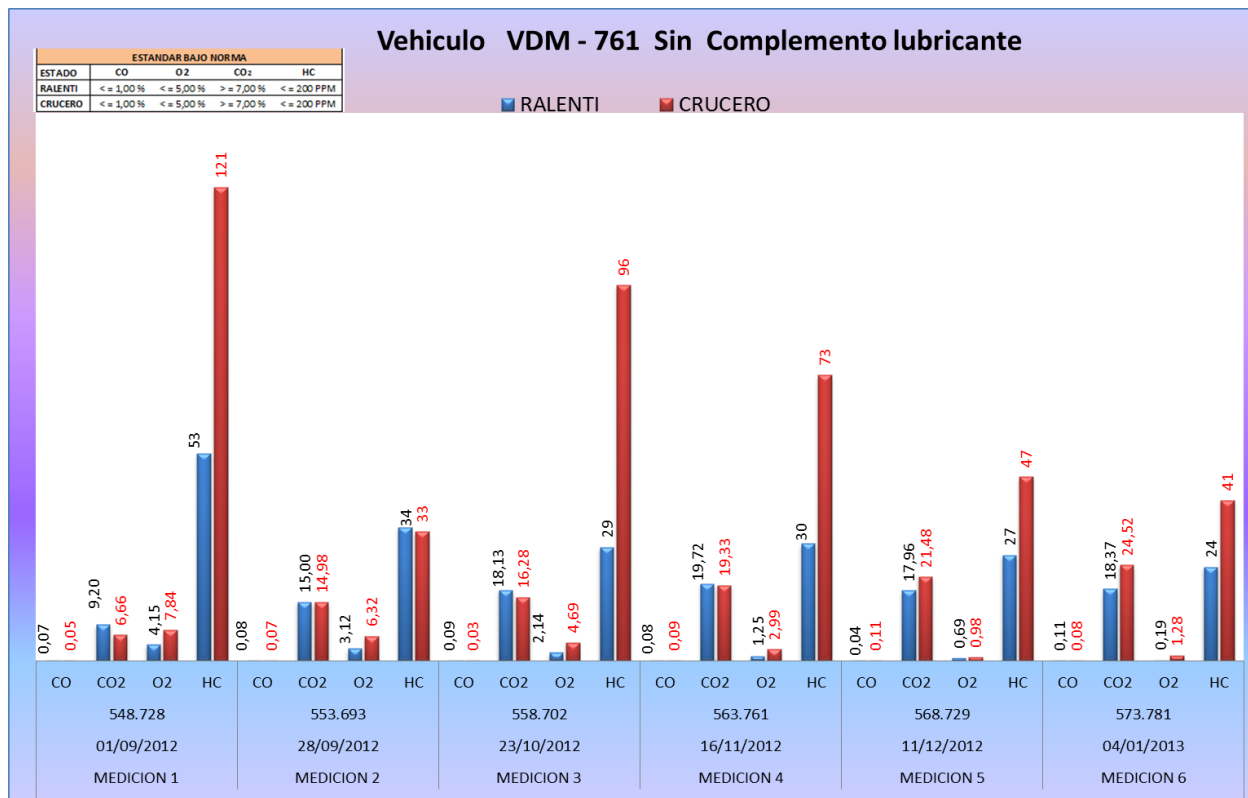


### Vehículo VER- 965 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a crecer muy levemente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a crecer muy levemente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a decrecer.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a crecer levemente.
- Las PPM de HC tienden a variar y oscilan por arriba y por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- Las PPM de HC tienden a variar y oscilan por arriba y por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

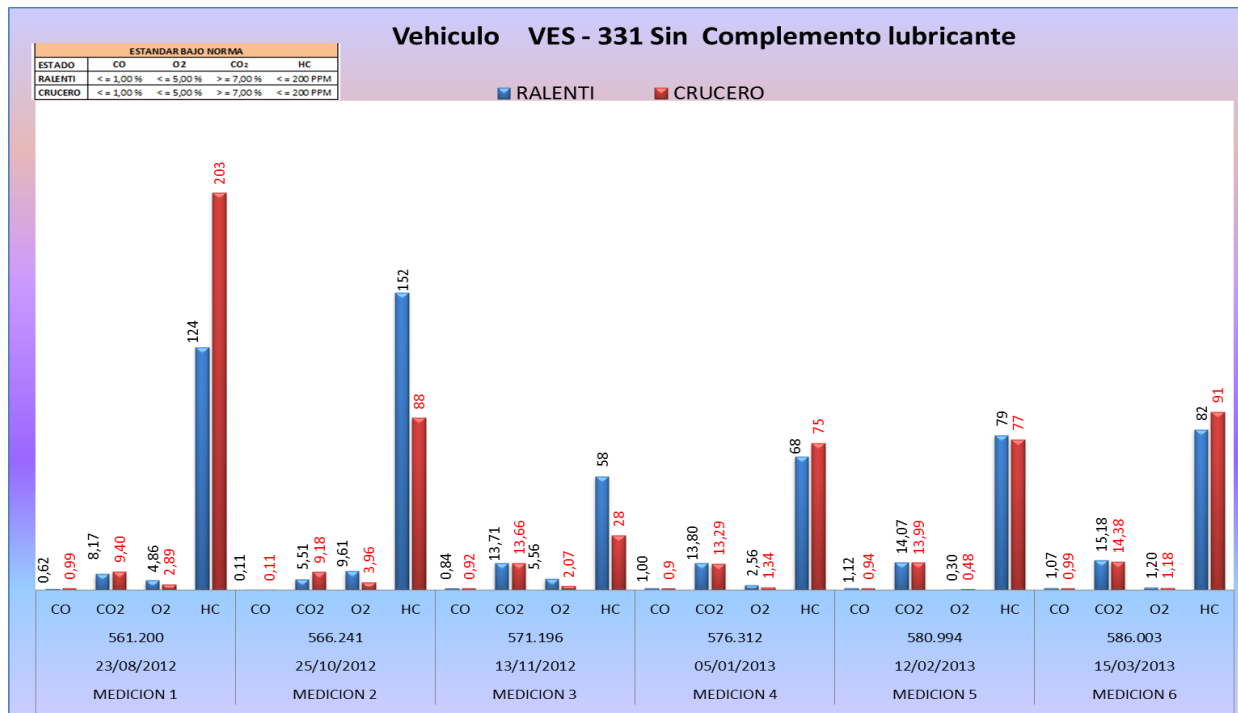


### Vehículo VDM -761 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a decrecer notablemente.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> empieza por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a decrecer drásticamente permaneciendo por debajo de los valores reglamentarios.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.



**Vehículo VES-331 sin complemento lubricante**

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba y abajo cercanamente al límite de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

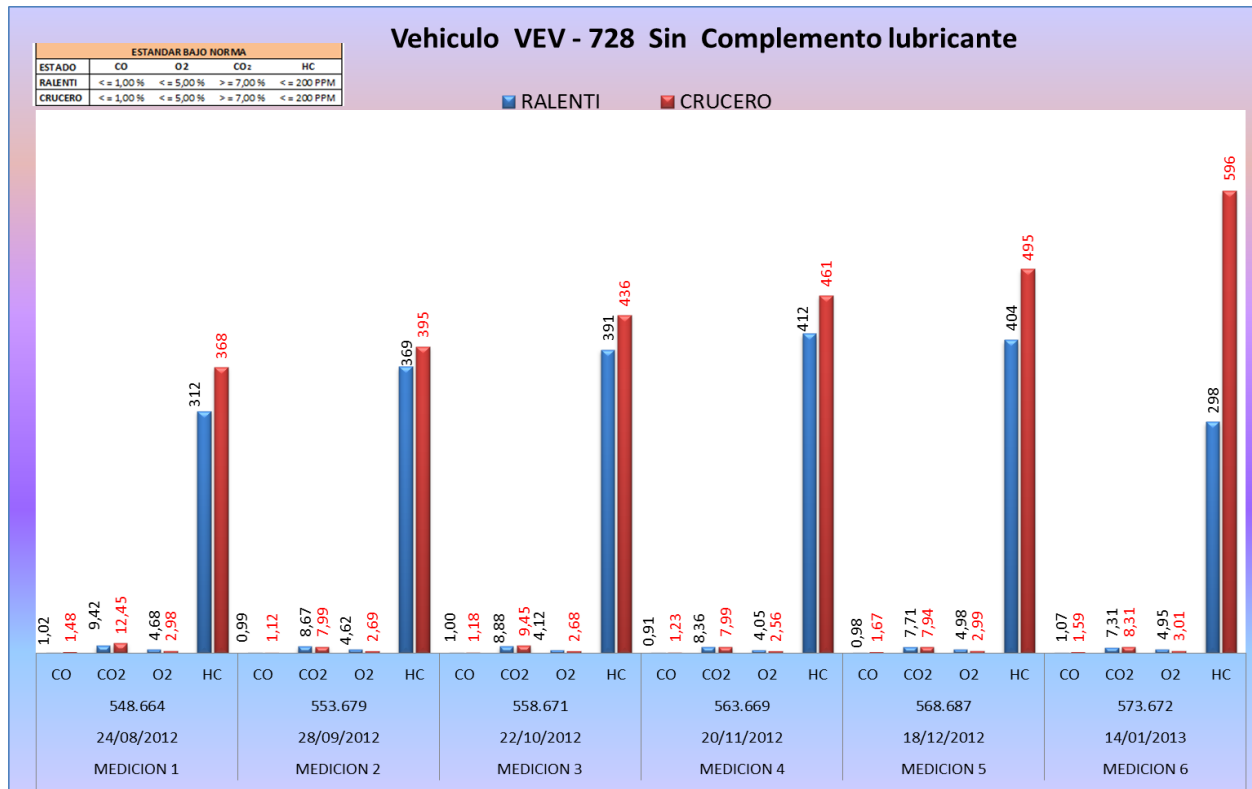
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> oscila por arriba y debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, pasando a estar por debajo del valor reglamentario y tendiendo a decrecer.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a decrecer levemente.

- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

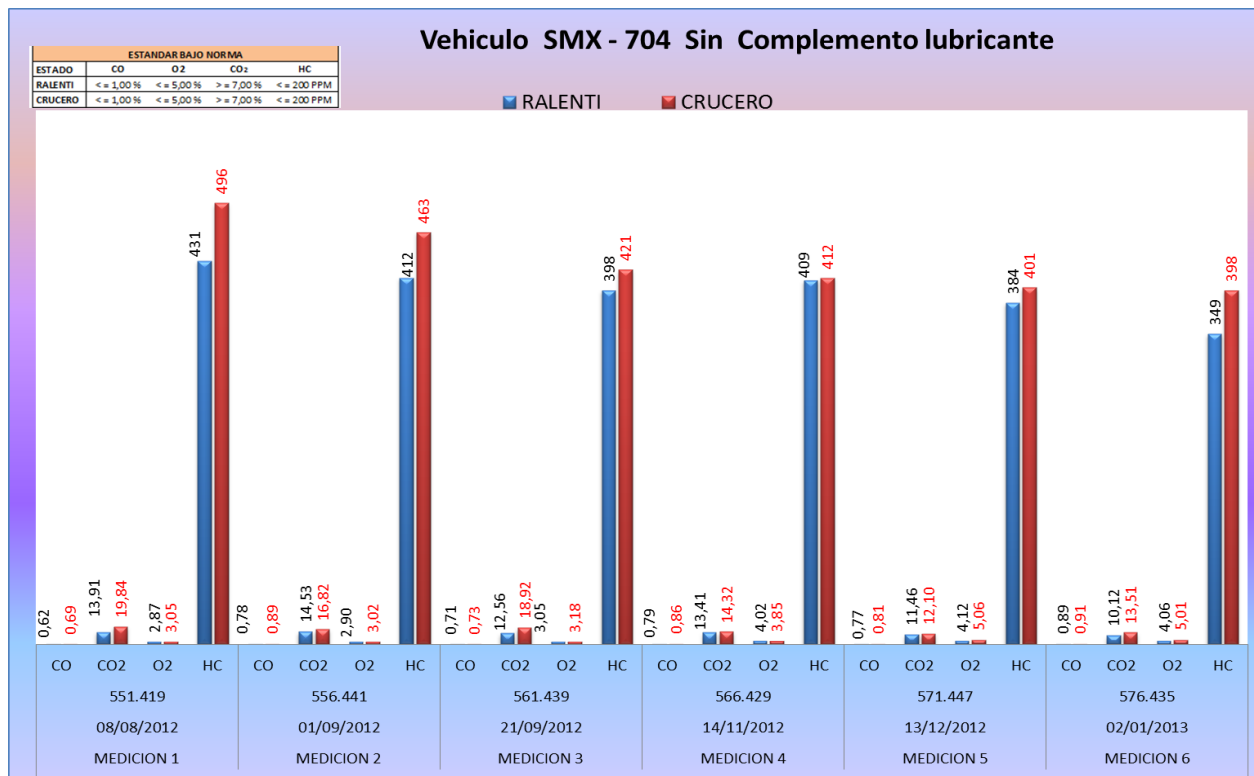


### Vehículo VEV-728 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- Tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba y abajo cercanamente al límite de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a permanecer constante.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a crecer levemente.
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

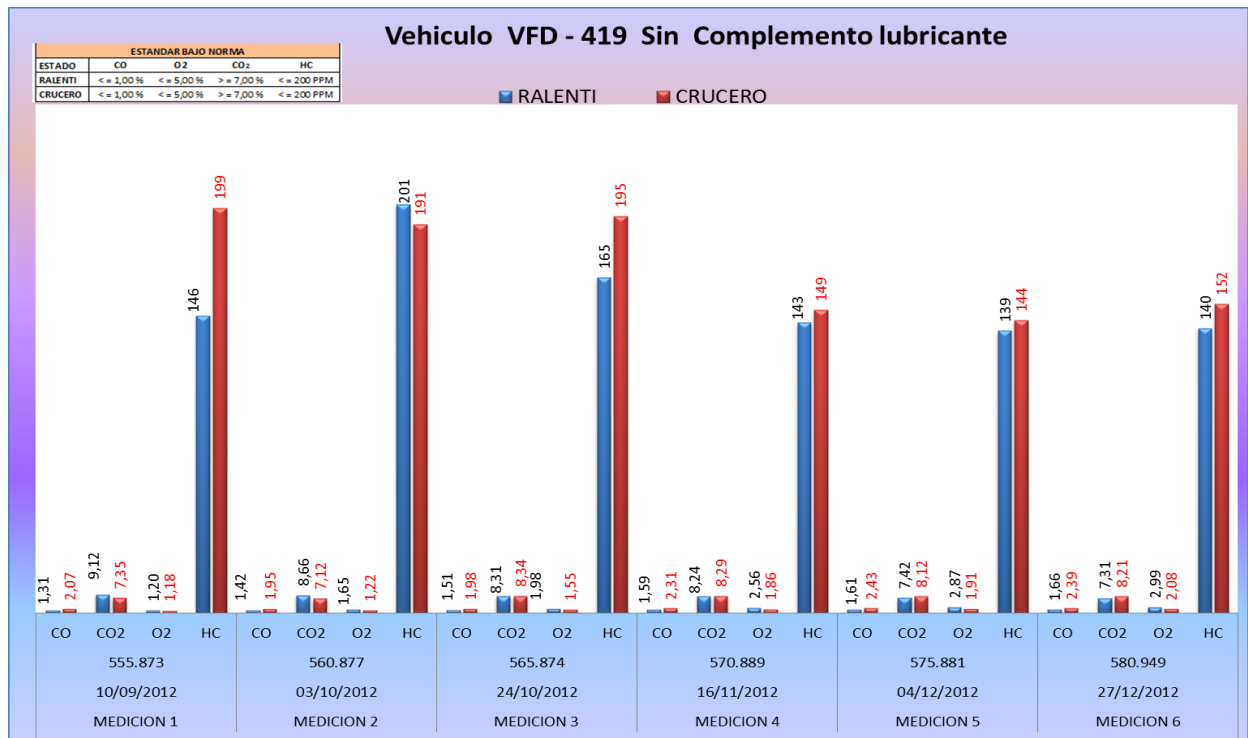


### Vehículo SMX-704 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO tiende a aumentar levemente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a crecer levemente.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a crecer, sobrepasando el límite permisible en las últimas mediciones.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tienden a disminuir y se mantienen por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.



**Vehículo VFD-419 sin complemento lubricante**



Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a crecer levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO tiende a crecer levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene por ligeramente por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

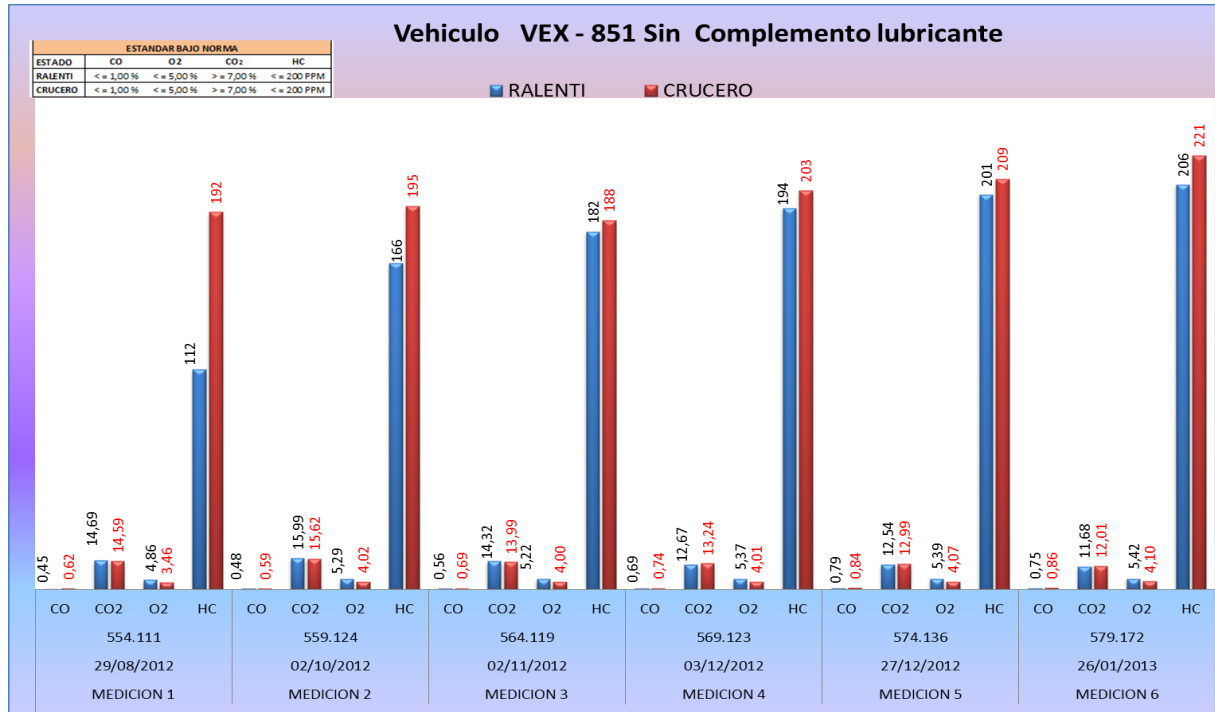
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a crecer moderadamente.

- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a crecer ligeramente.

- Las PPM de HC tienden a permanecer y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- Las PPM de HC tienden a permanecer constante y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

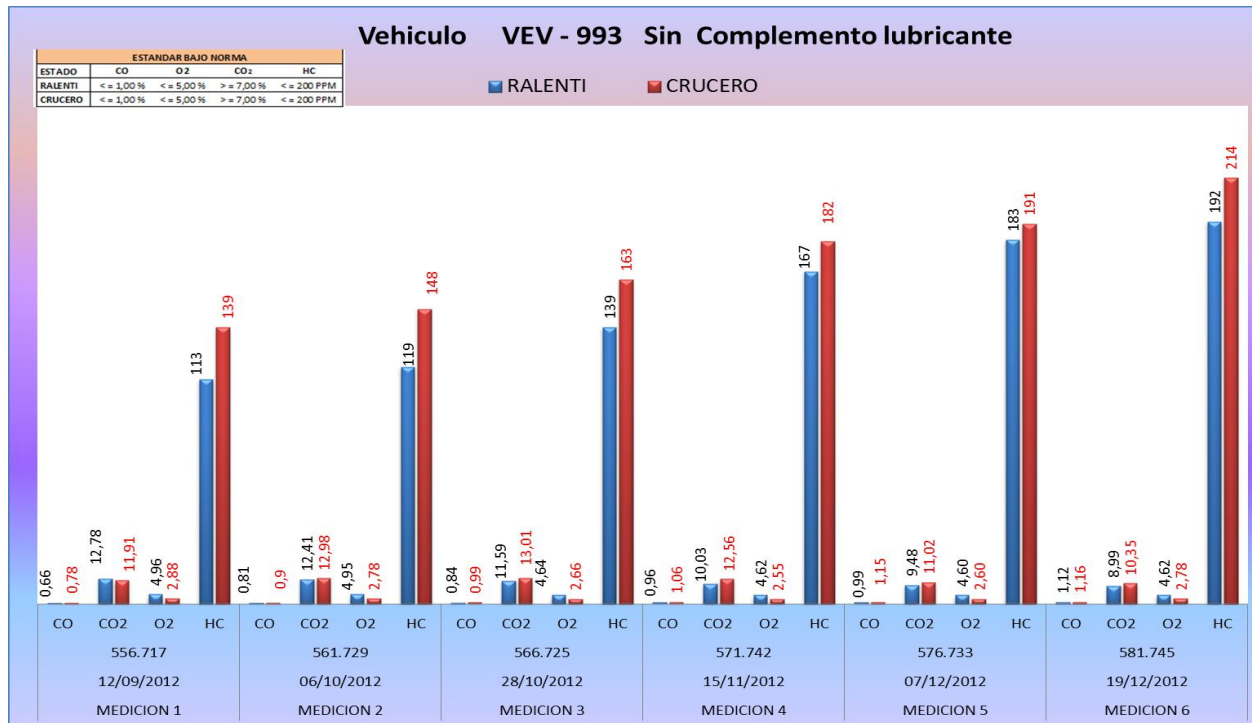


### Vehículo VEX - 851 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

- El porcentaje de CO tiende a crecer levemente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO tiende a crecer levemente y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene por ligeramente por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralenti.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir levemente y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruceo.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralenti, tendiendo a permanecer constante muy cercanamente al límite permisible.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de cruceo, tendiendo a crecer ligeramente.

- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, superando en la última medición este límite.
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene inicialmente por abajo y posteriormente por arriba de los valores reglamentarios en estado de cruce.



### Vehículo VEV-993 sin complemento lubricante

Se evidencia que el vehículo durante las seis mediciones:

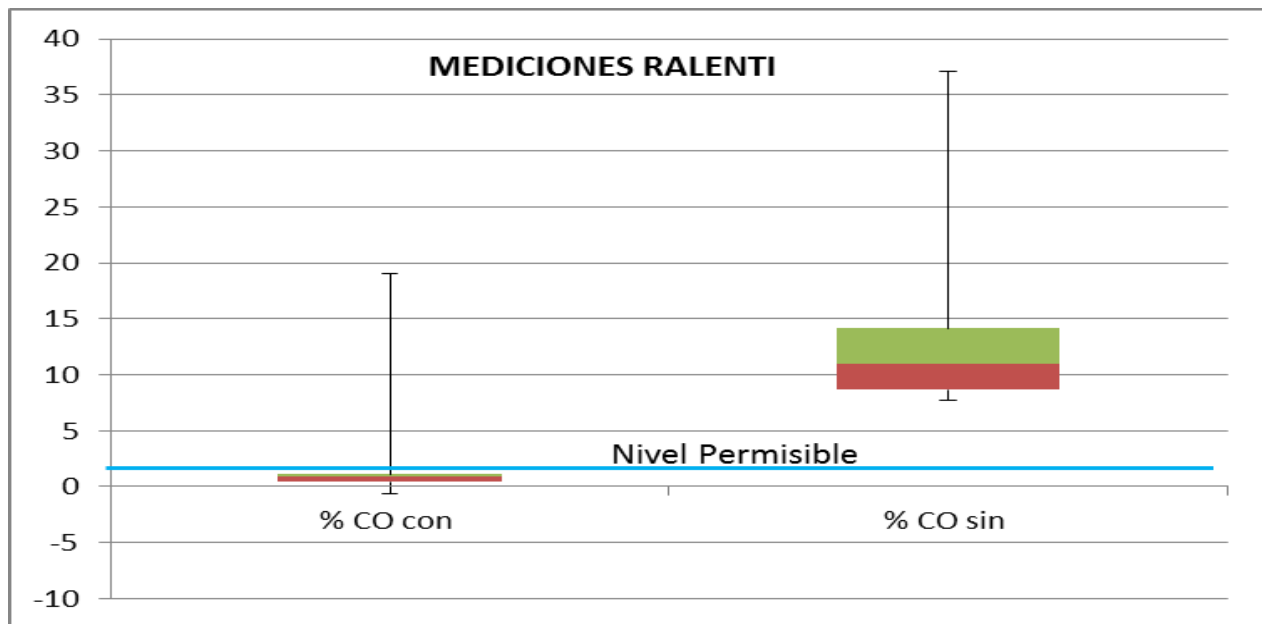
- El porcentaje de CO tiende a crecer levemente, se mantiene inicialmente por abajo para finalmente sobrepasar los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- El porcentaje de CO tiende a crecer levemente y se mantiene inicialmente por abajo para finalmente sobrepasar los valores reglamentarios en estado de cruce.
- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a disminuir y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de ralentí.

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> tiende a permanecer constante y se mantiene por arriba de los valores reglamentarios en estado de crucero.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por debajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí, tendiendo a decrecer muy levemente.
- El porcentaje de O<sub>2</sub> se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero, tendiendo a permanecer constante.
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de ralentí.
- Las PPM de HC tienden a crecer y se mantiene por abajo de los valores reglamentarios en estado de crucero.

**ANEXO G**

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EMISIÓN DE CADA UNO DE LOS GASES DE EMISIÓN DE LOS VEHÍCULOS SELECCIONADOS CON Y SIN COMPLEMENTO LUBRICANTE**

Se basó en los Diagramas de cajas y bigotes, el cual es un instrumento gráfico en la estadística descriptiva que permite realizar un análisis más detallado y conciso respecto a la distribución de los datos en la muestra. Esto se complementa, de manera cualitativa, con los resultados cuantitativos obtenidos a través de los estadísticos de la muestra.



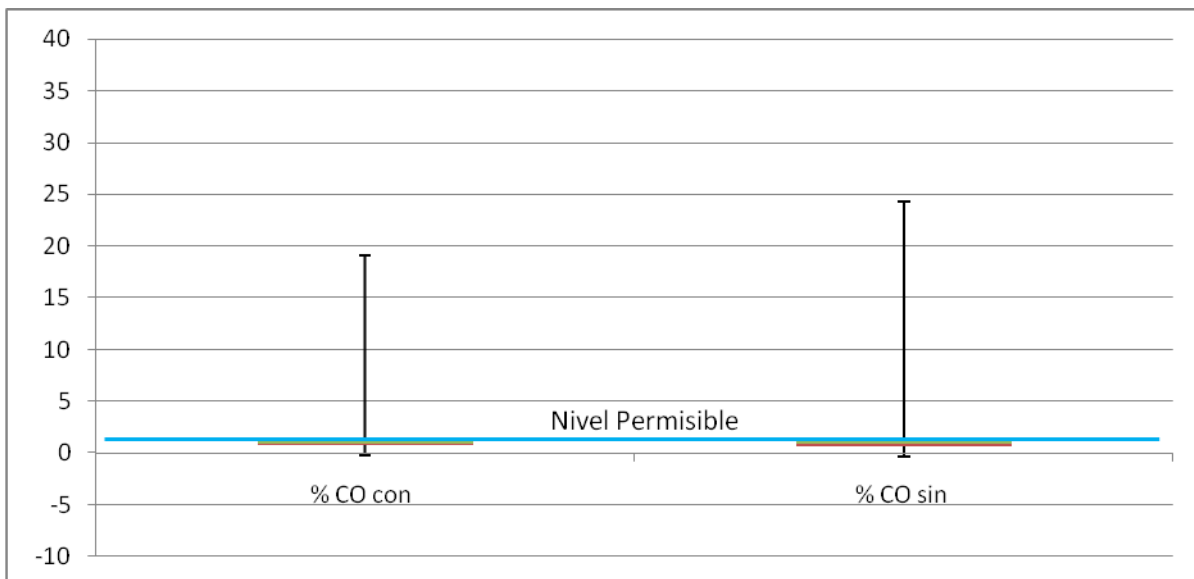
### Mediciones Ralenti

Las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados que se le aplicó el complemento lubricante, se encuentra por

debajo del límite máximo permisible ( $\leq 1,00\%$ ), se presenta mucha similitud en los mismos, debido a que nos muestran una gran concentración de datos, presentando una distribución muy homogénea, por lo tanto estas concentraciones no representan un riesgo importante para la salud de la población.

Mientras los datos que se refieren a los que no poseen el complemento están muy por encima de dicho valor permisible, donde el 50% de esos datos que presentan una simetría regular, está comprendido por el orden de los valores entre 8 y 14, Hay más diferencia de puntos entre el primer y el último de los datos obtenidos para el caso de %CO sin complemento que para los que se les aplicó el complemento, se observa que el valor central de la distribución de la variable %CO es notablemente superior en el grupo de los vehículos que no adicionó el complemento lubricante.

Según la gráfica, No hay datos muy atípicos.

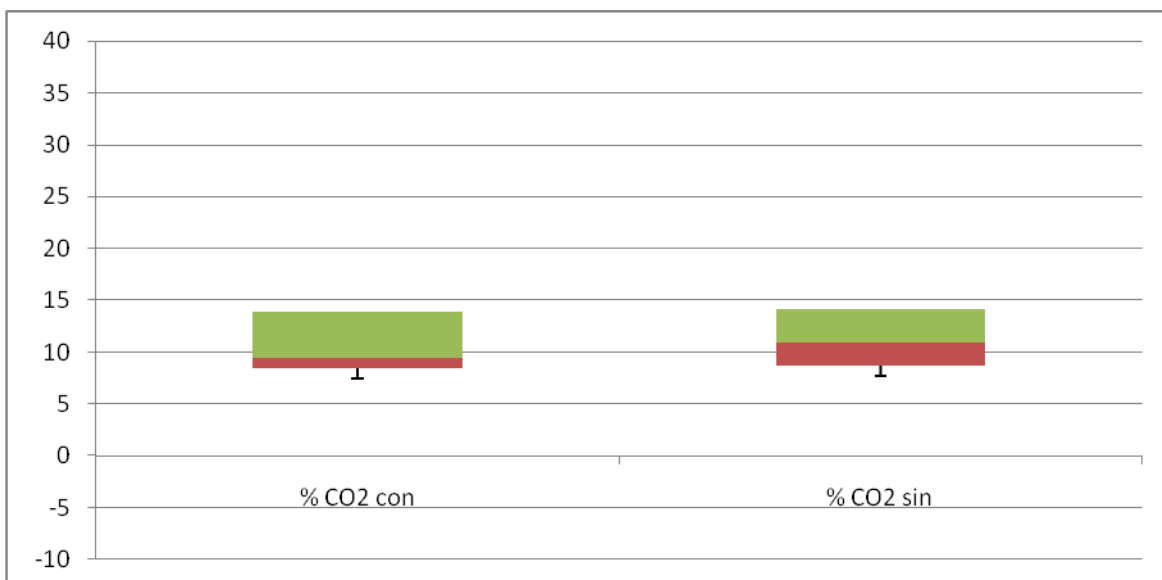


## Mediciones Crucero

Para este caso las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra por debajo del límite máximo permisible en estado Crucero ( $\leq 1,00\%$ ), por lo tanto estas concentraciones tampoco representan un riesgo importante para la salud de la población.

De acuerdo con la gráfica, No hay datos muy atípicos. No hay una diferencia significativa de puntos entre el primer y el último de los datos obtenidos para los casos, se observa que el valor central de la distribución de la variable % CO es notablemente semejante en los dos grupos de los vehículos, se presenta mucha similitud en los mismos, debido a que nos muestran una gran concentración de datos. Presentando también una distribución muy homogénea. Se observa también que la distribución de la altura en ambos grupos es prácticamente simétrica y, aparentemente, presentan dispersiones parecidas.

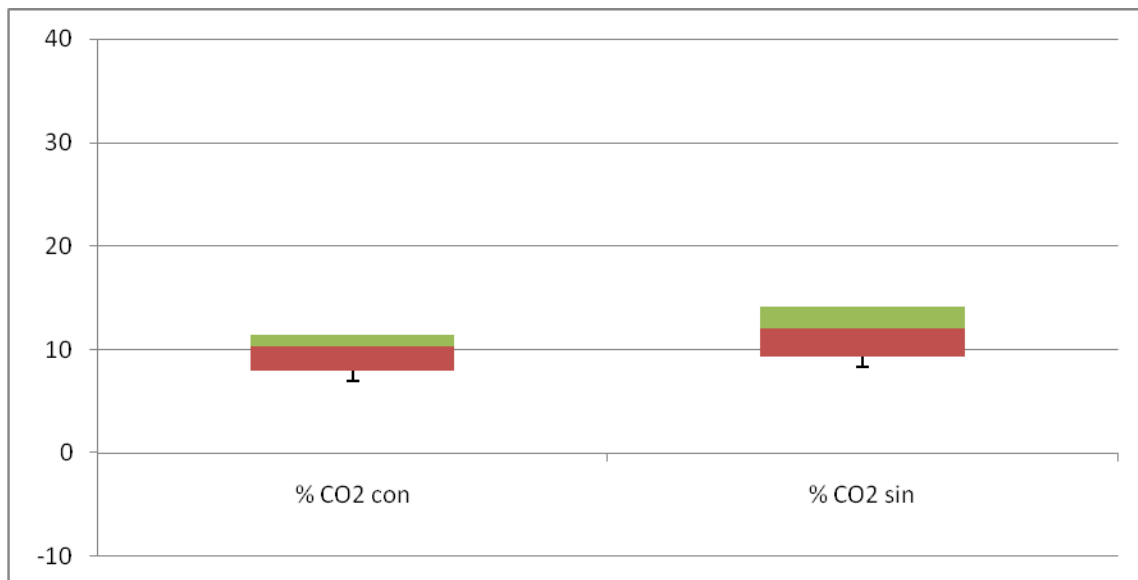
**Análisis de la emisión del gas CO<sub>2</sub> de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante.**



**Mediciones Ralentí**

Según la gráfica, No hay datos muy atípicos, las concentraciones de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra por encima como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero ( $\geq 7,00\%$ )

Para el  $\% \text{CO}_2$  con complemento lubricante, es notoria la Asimetría sesgada positiva, los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución, el 25 % de los datos están concentrados y el 75% de ellos están más dispersos, mientras que para el  $\% \text{CO}_2$  sin complemento lubricante es evidente la asimetría sesgada negativa, los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución, En el contexto, el 75 % de los datos están concentrados y el 25 % de ellos están más dispersos.



### Mediciones crucero

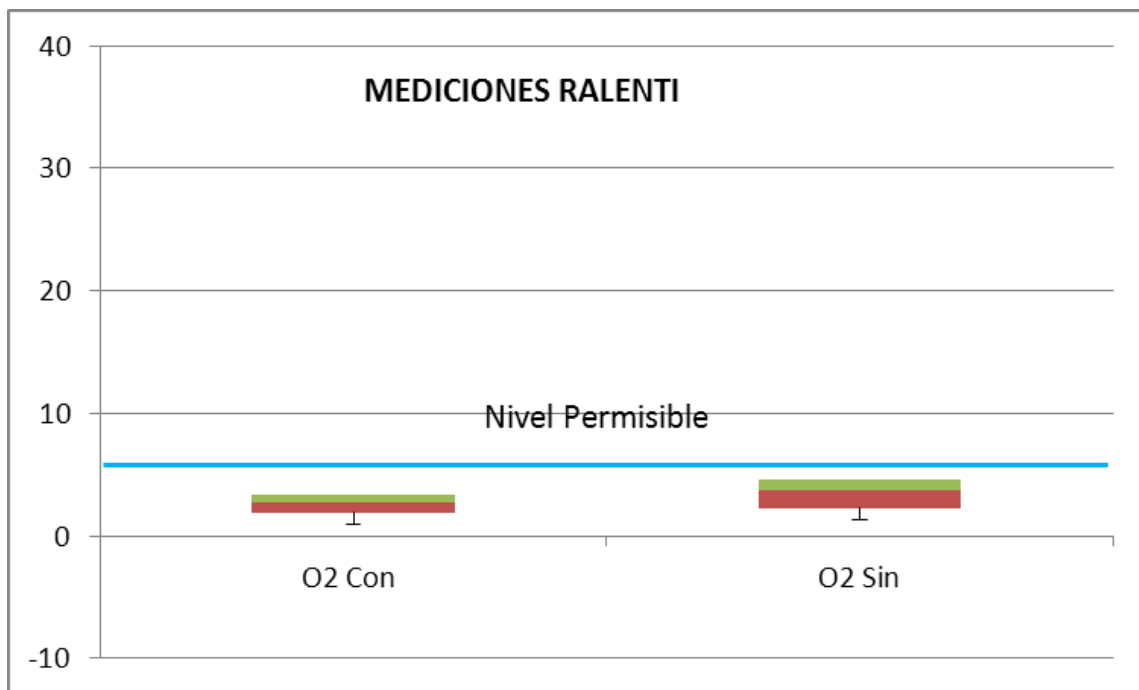
De acuerdo con la gráfica en estas mediciones, la asimetría de los datos en el caso de  $\% \text{CO}_2$  con complemento lubricante, ocurre de manera contraria al estado ralentí, es indudable la Asimetría sesgada negativa, los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la



distribución, los datos se concentran en un 75% y las de 25% están más dispersas. Y para el % CO<sub>2</sub> sin complemento lubricante, es casi evidente la Asimetría perfecta, donde los datos tienden a concentrarse homogéneamente y se observa que el valor central de la distribución de la variable es la mediana.

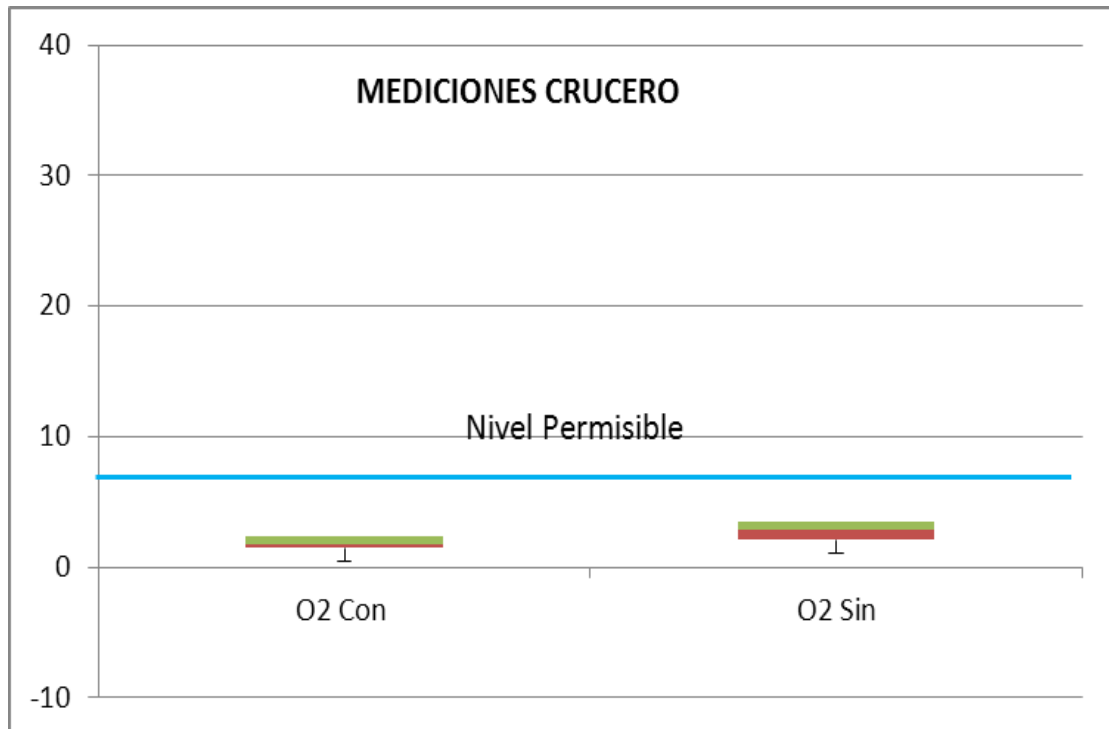
Los datos obtenidos en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra también por encima como es lo permisible en estos estados Ralentí y Crucero ( $\geq 7,00\%$ ), no hay datos muy atípicos.

### **Análisis de la emisión del gas O<sub>2</sub> de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante**



Las concentraciones del oxígeno (O<sub>2</sub>) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra en general por debajo del límite máximo permisible en los estados Ralentí y Crucero ( $\leq 5.00\%$ ), se presenta mucha

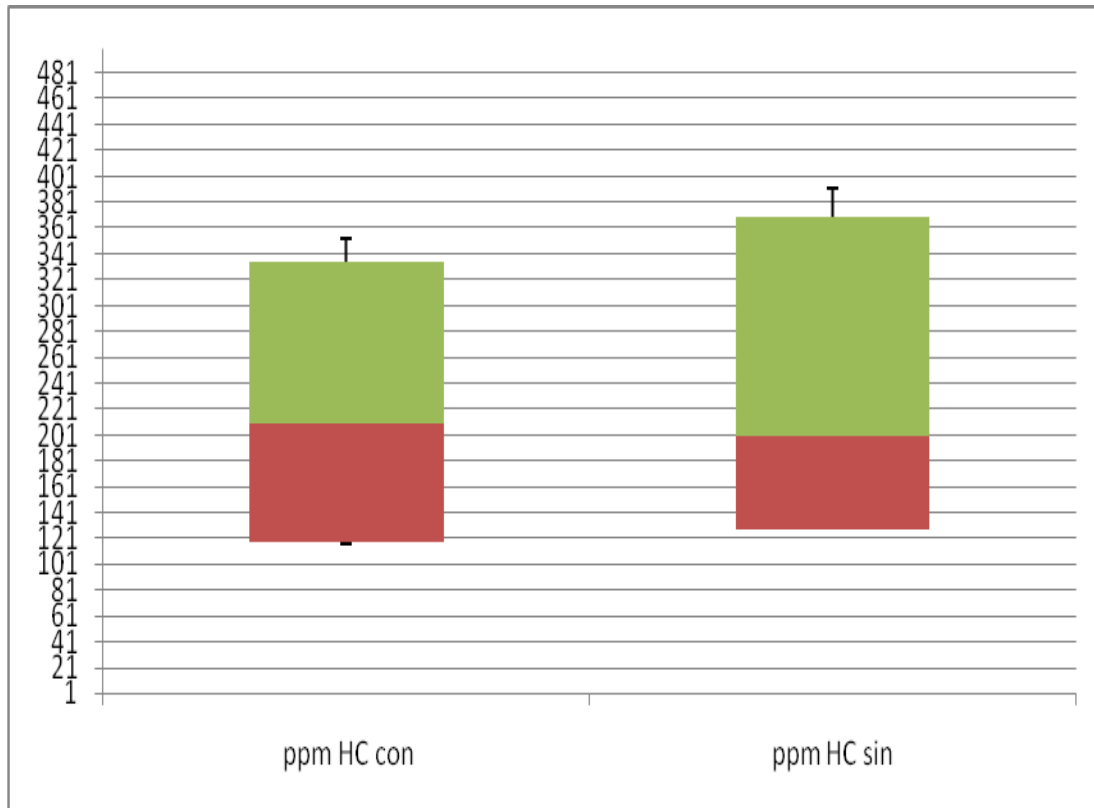
similitud en los mismos, debido a que nos muestran una gran concentración de datos, presentando una distribución muy homogénea,



Similarmente en este caso las concentraciones del oxígeno ( $O_2$ ) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra en general por debajo del límite máximo permisible en los estados Ralentí y Crucero ( $\leq 5.00$  %), presentan una gran tendencia a cumplir con los valores de la norma.

En las dos situaciones es casi evidente la Asimetría perfecta, donde los datos tienden a concentrarse homogéneamente y se observa que el valor central de la distribución de la variable es muy cercano a la mediana.

## Análisis de la emisión del gas HC de los vehículos seleccionados con y sin complemento lubricante



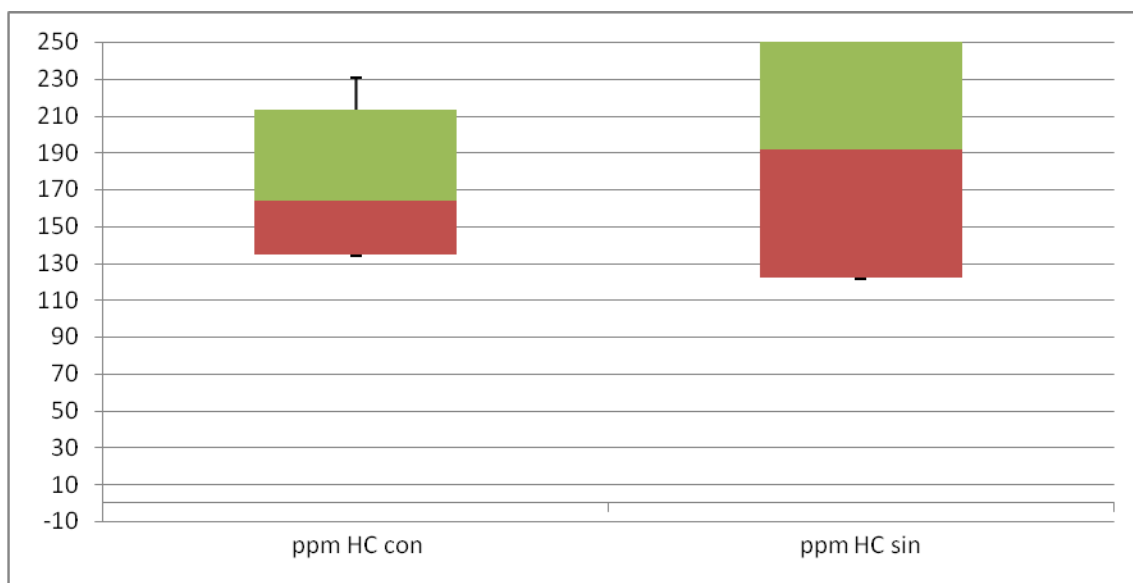
### Mediciones Ralentí

Las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra en general por encima del límite máximo permisible en los estados Ralentí y Crucero ( $\leq 200$  ppm), el cual en muchos casos sobrepasa casi hasta llegar al 50 % adicional a la norma.

Para las ppm del HC sin complemento lubricante es evidente notoria la Asimetría sesgada positiva, los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución, los datos se

concentran en un 25 % y las de 75% están más dispersas, mientras que para las ppm del HC con complemento lubricantes casi notoria la Asimetría perfecta, donde los datos tienden a concentrarse homogéneamente y se observa que el valor central de la distribución de la variable es muy cercano a la mediana.

Para ambos estados, sin embargo de todos modos debido a la longitud más larga la caja y los bigotes, se observa que es más dispersa la distribución de datos.



### Mediciones Crucero

Similarmente en este caso las concentraciones de Hidrocarburos no quemados (HC) registradas en los análisis del gas en la serie de vehículos seleccionados con y sin el complemento lubricante, se encuentra en general por encima del límite máximo permisible en los estados Ralentí y Crucero ( $\leq 200$  ppm), aunque las ppm del HC con complemento lubricante, presenta una gran tendencia a cumplir con los valores de la norma.

En las dos situaciones es casi evidente la Asimetría perfecta, donde los datos tienden a concentrarse homogéneamente y se observa que el valor central de la distribución de la variable es muy cercano a la mediana.