UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

Estudio del desempeño de acondicionadores de combustible en vehículos, a través de la inducción magnética en la re polimerización del Diésel

Tesis de Grado para la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Gabriel Estuardo Bastidas Navarrete

Jimmy Eduardo Bolaños Ruiz

Director: MSC. José Andrés Castillo

Quito, Mayo 2014

Certificación

Nosotros, Gabriel Estuardo Bastidas Navarrete y Jimmy Eduardo Bolaños Ruiz, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Gabriel Estuardo Bastidas Navarrete
CI: 171216045-4

Jimmy Eduardo Bolaños Ruiz
CI: 171956745-3

Yo, José Andrés Castillo, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo ellos los responsables exclusivos tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

MSC. José Andrés Castillo
Director

Agradecimiento

A la Universidad Internacional del Ecuador en especial a la Facultad de Ingeniería Automotriz, por los conocimientos brindados que han contribuido para el desarrollo de nuestra profesión.

A los señores Profesores de la Facultad que con su aporte y experiencia supieron guiarnos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

A INVERNEG por creer en nosotros para realizar la investigación.

Al Dr. Santiago Bedoya por sus consejos y su aporte intelectual en la realización de pruebas.

Y de manera especial, nuestro reconocimiento al MSC. José Andrés Castillo director del proyecto; que supo dirigirnos para obtener el resultado propuesto.

Gabriel Bastidas

Jimmy Bolaños

Dedicatoria

A Dios que me guía todos los días de mi vida.

A mis padres por todo su sacrificio, buenos consejos y amor.

A mi hermana Karina por todo su apoyo.

A Mamá Rosita que siempre está con nosotros.

A mis tías y buenos amigos.

Gabriel.

En primer lugar a ese ser especial y todo poderoso que nos dio la vida y nos dotó de todas las capacidades y virtudes que son un regalo invalorable para desarrollarnos como personas.

A mi madre por haberme brindado ese apoyo incondicional en los momentos difíciles, por mostrarme el mundo de una manera diferente siempre basado en el amor y fraternidad.

A mi padre aunque con su carácter duro y sus decisiones rígidas supo implementar en mí la llama de lo que ahora es mi profesión, me enseñó la fortaleza, la perseverancia y el valor de luchar cada día por un objetivo, por una meta.

Jimmy

Índice

Capítulo I 1

1.1 Introducción 1

1.2 Teoría de la Combustión 3

1.2.1 ¿Qué es un hidrocarburo? 3

1.2.2 ¿Qué es un combustible? 4

1.2.3 Tipos de combustible 4

1.2.4 Diésel 5

1.2.5 Destilación del petróleo 5

1.2.5.1 Gases 6

1.2.5.2 Gasolina 6

1.2.5.3 Queroseno 6

1.2.5.4 Diésel 6

1.2.5.5 Aceites ligeros 7

1.2.5.6 Asfalto 7

1.2.6 Poder calorífico de los combustibles 7

1.2.7 Ignición, combustión y auto-ignición 8

1.2.7.1 Ignición 8

1.2.7.2 Combustión 8

1.2.7.3 Auto-ignición 8

1.2.8 Propiedades fisicoquímicas del Diésel 9

1.2.8.1 Número Cetano 9

1.2.8.2 Descripción 9

1.3 Degradación del Diésel 10

1.3.1 Contaminantes encontrados en el Diésel 11

1.3.1.1 Agua 11

1.3.1.2 Hongos y Bacterias 11

1.3.1.3 Ceras 11

1.3.1.4 Alquitranes 11

1.3.1.5 Sedimentos y otros sólidos 12

1.3.2 Humos del Diésel 12

1.4 Motor E Inyección Diésel 13

1.4.1 Motor Diésel 13

1.4.1.1 Principio de funcionamiento 13

1.4.1.2 Ciclo de funcionamiento 14

1.4.1.3 Constitución 16

1.4.2 Sistemas de inyección Diésel 18

1.4.2.1 Tipos de inyección 18

1.4.2.2 Inyectores 19

1.4.2.3 Bombas de inyección 20

1.4.2.3.1 Bomba lineal 20

1.4.2.3.2 Bomba rotativa 22

1.4.2.4 Sistema de Riel Común 24

1.5 Principales Sistemas de Control de Emisiones 28

1.5.1 EGR 28

1.5.2 Normas Euro 29

1.5.3 Catalizador 30

1.5.4 Filtro de partículas 31

1.5.5 Calentadores 31

Capítulo II 32

2.1 Mantenimiento del Diésel 32

2.1.1 Mantenimiento mecánico 32

2.1.1.1 Filtros y separadores 32

2.1.1.2 Separación Centrífuga 32

2.1.1.3 Limpieza de Tanques 33

2.1.2 Mantenimiento químico 33

2.1.2.1 Acondicionadores de combustible 33

2.1.2.2 Biocidas 34

2.1.3 Catalizadores de combustible 34

2.1.4 Ión metálico – efecto batería 35

2.1.5 Emulsificación del agua 36

2.1.6 Elementos magnéticos 37

2.2 ALGAE-X 37

2.2.1 Física del acondicionador magnético 38

2.2.2 Características del acondicionador Algae-X 39

2.2.3 Instalación..... 40

2.2.4 Operación 42

Capítulo III – Análisis, Pruebas y Resultados 43

3.1 Datos del Vehículo 44

3.2 Mantenimiento Inicial y Toma de Muestras..... 44

3.3 Equipo de Evaluación..... 49

3.4 Información General de la Ciudad..... 49

3.5 Rutas en las que se realizó las Pruebas..... 49

3.6 Desarrollo De Las Pruebas 51

3.6.1 Costa 52

3.6.2 Sierra..... 53

3.6.3 Oriente 54

3.6.4 Cuadros Comparativos 55

3.6.5 Mantenimiento y resultados finales..... 62

3.6.6 Prueba de recirculación 63

3.6.7 Prueba de Potencia (Dinamómetro)..... 65

Capítulo IV – Mejorando el Combustible 67

4.1 Limpieza De Tanques 68

4.2 Catalizador De Combustible 70

4.3 Acondicionadores 72

4.4 Filtros 74

4.5 Separadores De Agua 76

4.6 Preguntas Frecuentes 77

Conclusiones 80

Recomendaciones 81

Bibliografía y Referencia Web 81

Glosario de Términos 82

Anexos 83

A1 Acuerdos 83

A1.1 Acuerdo Inverneg - Uide 83

A1.2 Acuerdo Turbo Diésel 87

A1.3 Acuerdo Ing. Luis Gonzales 88

A2 Fotos Estaciones De Servicio 89

A3 Ficha Técnica Cronos 92

A4 Fotos Cronos 94

A5 Fotos Turbo Diésel 95

A6 Fotos Inverneg 96

A7 Pruebas De Opacidad 96

A7.1 Mantenimiento Inicial 96

A7.2 Costa 96

A7.3 Sierra 97

A7.4 Oriente 98

A8 Informe Turbo Diésel 99

A9 Informe De Laboratorio Als Tribology (Eeuu) 102

A10 Facturas De Mantenimientos 104

A11 Pruebas de Potencia (Dinamómetro) 106

Índice de Figuras

Figura 2.1 Hidrocarburo 4

Figura 2.2 Destilación del petróleo 5

Figura 2.3 Ciclo de funcionamiento 15

Figura 2.4 Bomba lineal 22

Figura 2.5 Bomba rotativa 24

Figura 2.6 Sistema de Riel Común 25

Figura 2.7 Circuito de baja presión 26

Figura 2.8 Circuito de alta presión 27

Figura 2.9 Unidad de mando con sensores 27

Figura 2.10 Sistema EGR 29

Figura 2.11 Ión metal 35

Figura 2.12 Desmontaje Algae-x (a) 39

Figura 2.13 Desmontaje Algae-x (b) 40

Figura 2.14 Instalación Algae-x 42

Figura 3.1 Camión Cronos 43

Figura 3.2 Elementos - Inyectores 45

Figura 3.3 Manómetro de Presión 46

Figura 3.4 Bomba Lineal 47

Figura 3.5 Medida de Compresión 47

Figura 3.6 Medición Opacidad 48

Figura 3.7 Ruta 1 50

Figura 3.8 Ruta 2 51

Figura 3.9 ExploTours 53

Figura 3.10 Consumo en Ciudad 56

Figura 3.11 Consumo en Carretera 57

Figura 3.12 Opacidad a 3000 RPM 58

Figura 3.13 Opacidad a 4500 RPM 59

Figura 3.14 Costo de Combustible (ciudad) 60

Figura 3.15 Costo de Combustible (carretera) 61

Figura 3.16 Recirculación 63

Figura 3.17 Muestras de Laboratorio 64

Figura 3.18 Prueba Dinamómetro sin Algae-x 65

Figura 3.19 Prueba Dinamómetro con Algae-x 65

Figura 4.1 Variables de mejoramiento 67

Figura 4.2 Limpieza de tanques 68

Figura 4.3 Catalizador 71

Figura 4.4 Acondicionadores 74

Figura 4.5 Filtros 75

Figura 4.6 Separadores de agua 77

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Poder Calorífico 7

Tabla 2.2 Propiedades del Diésel 9

Tabla 2.3 Partes del Sistema de Riel Común 25

Tabla 2.4 Normas Euro 30

Tabla 3.1 Ficha Técnica 44

Tabla 3.2 Datos Bomba 46

Tabla 3.3 Información ciudad de Quito 49

Tabla 3.4 Resultado - Costa 52

Tabla 3.5 Resultado - Sierra 54

Tabla 3.6 Resultado - Oriente 55

Tabla 3.7 Datos Bomba 62

Tabla 3.8 Análisis Combustible Sierra 64

Tabla 4.1 Descripción Acondicionadores 74

Estudio del desempeño de acondicionadores de combustible en vehículos, a través de la inducción magnética en la re-polimerización del Diésel

El crecimiento del parque automotor en el Ecuador es muy grande, esto ha llevado a plantear esta investigación con la finalidad de proteger el medio ambiente y preocuparse además de tener un mantenimiento adecuado del combustible y esto se logra con los acondicionadores de combustible.

Los primeros estudios y aplicaciones de estos acondicionadores fueron hechos por la empresa internacional ALGAE-X, estas investigaciones fueron realizadas en Estados Unidos, obteniendo varios resultados favorables, así como varios datos y documentos de respaldo técnico, este es el punto de partida del estudio ya que en América Latina y más específicamente en Ecuador no existe aún ninguna investigación referente a dichos equipos.

Por tal motivo se ha visto la necesidad de realizar el estudio de dispositivos de inducción magnética (ALGAE-X) para el Diésel de la empresa INVERNEG y realizar una serie de pruebas para determinar su funcionamiento en lo que se refiere a: rendimiento, reducción de gases contaminantes, alargue de mantenimientos, separación, acondicionamiento, entre otros y que ayude a satisfacer las necesidades de clientes que poseen vehículos a diésel o empresas que disponen flotas de autos.

Research on the performance of fuel conditioners in vehicles through the magnetic induction in re-polymerization of Diesel

The growth of the fleet in Ecuador is very large, this has led to present this proposal in order to protect the environment and care in addition to proper maintenance of the fuel and this is achieved with fuel conditioners.

Early studies and applications of these conditioners were made by the international company ALGAE -X , these investigations were conducted in the United States , obtaining several favorable outcomes , as well as various data and documents technical support , this is the starting point of the study as in Latin America and more specifically in Ecuador there is still no investigation concerning such equipment.

For this reason has been the need for the study of magnetic induction devices (ALGAE-X) for the Diesel Company INVERNEG and perform a series of tests to determine its performance in terms of: performance, reduced pollutant gases, lengthening maintenance, separation, conditioning, among others and help meet the needs of customers who own diesel vehicles or companies that have fleets of cars.

Capítulo I

1.1 Introducción

La contaminación ambiental en nuestro país y en el planeta entero, así como el rendimiento efectivo de un motor diésel, son las causas fundamentales para la introducción de nuevas tecnologías de acondicionadores y tratamientos de combustibles desarrollados en el mercado Norte Americano, a través de la investigación, aplicación, verificación y evaluación del correcto desempeño de dichos elementos en los vehículos diésel de nuestro país.

La calidad del combustible, las condiciones de almacenamiento, transporte y tratamiento del diésel, así como las condiciones y factores del medio en nuestro país dan origen a un sin número de problemas en: motores, medio ambiente y economía de varios sectores; todo esto nos obliga a buscar una solución de altas prestaciones y a la vez económico, como es la inducción magnética que nos ayuda a evitar la polimerización del diésel por medio de la variación de la estructura molecular y la limpieza y restauración continua del combustible para evitar la pérdida del poder calorífico del mismo.

Todo esto se resume en dar un mantenimiento al diésel ya que siempre se busca dar un mantenimiento al motor, a la bomba, a inyectores y varios elementos, pero se olvida que el combustible es la parte fundamental para que un motor opere y funcione correctamente y por lo tanto es importante darle un tratamiento permanente para alargar los mantenimientos, evitar muchos problemas y tener un combustible duradero en cuanto a sus propiedades físico-químicas y por ende una disminución significativa de las emisiones

contaminantes, creando así máquinas y motores muy eficientes y amigables con el medio ambiente.

Al plantear el problema antes descrito, fue necesario establecer un objetivo general: Estudiar y verificar el funcionamiento de acondicionadores de combustible en vehículos diésel en el Ecuador.

Así mismo orientados en el objetivo general anterior nos orientaremos en cumplir los siguientes objetivos específicos:

a) Aplicar inducción magnética en la re polimerización del diésel.
b) Determinar la pérdida de eficiencia del diésel almacenado en diferentes condiciones.
c) Medir opacidad de los gases sin acondicionador de combustible y con la utilización del mismo.
d) Determinar qué pasa con la potencia del motor.

En la actualidad existe un gran problema en nuestro país con lo que se refiere a combustibles, principalmente el diésel. La degradación del diésel es inevitable ya sea por el modo de almacenarlo, transportarlo o simplemente por medios naturales. Por este motivo es necesario realizar programas de muestreo, análisis, monitoreo y mantenimiento del diésel para reducir riesgos potenciales y costos de operación.

La investigación debe realizarse tomando muestras de diferentes puntos del país y almacenarlos en diversas condiciones ambientales inclusive se pudiera agregar contaminantes que de alguna manera aceleren el proceso de degradación.

La idea es realizar mediciones (opacidad, costo, consumo de combustible y potencia) antes y después de utilizar el acondicionador de combustible posteriormente hacer el estudio de resultados.

Ésta investigación es de gran importancia en la actualidad y deja muchas puertas abiertas para que se busque métodos que ayuden a mejorar la calidad de los combustibles principalmente en nuestro país.

El presente trabajo se desarrollará en el Ecuador específicamente tomando muestras de diésel de las tres regiones del país costa, sierra y oriente.

Para ésta investigación se utilizará información recopilada de literatura especializada en sistemas de acondicionamiento para diésel. El estudio se realizara para saber la calidad de diésel que tenemos en el Ecuador y como mejorarlo.

1.2 Teoría de la Combustión

1.2.1 ¿Qué es un hidrocarburo?

Es un compuesto orgánico que consta solamente de carbono e hidrógeno. El hidrocarburo más simple es el metano (CH_4). Los hidrocarburos pueden constar de cadenas largas de átomos de carbono, con hidrógeno combinado por enlaces covalentes, o pueden constar de cadenas cerradas de átomos de carbono con hidrógeno combinado, por ejemplo el benceno (C_6H_6).

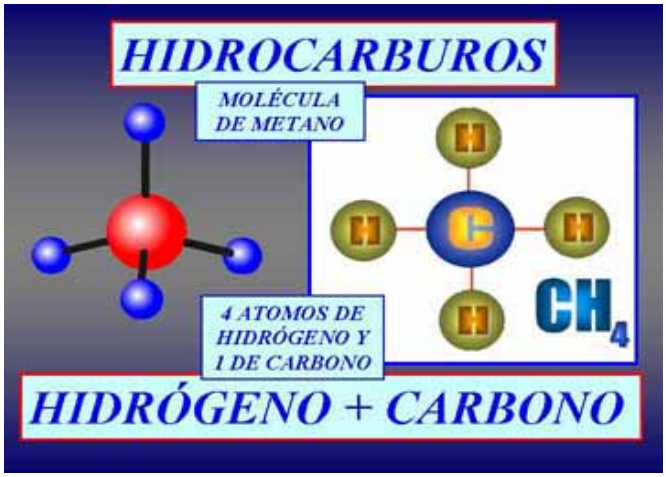


Figura 2.1 – Hidrocarburo
Fuente: Diccionario Ilustrado de la Química, Arthur Godman

1.2.2 ¿Qué es un combustible?

Combustible es cualquier material o sustancia que puede combustionarse para liberar calor o para proporcionar energía química. La mayoría de combustibles son compuestos del carbón.

1.2.3 Tipos de combustible

Existen tres tipos de combustibles:

- Sólidos: carbón, madera y turba
- Líquidos: diésel, gasolina y queroseno
- Gaseosos: gas natural y gases licuados del petróleo.

En la actualidad la tendencia también es producir biocombustible, que es de origen orgánico que proceden habitualmente de la caña de azúcar, trigo, maíz o semilla oleaginosas.

1.2.4 Diésel

Se deriva del nombre del inventor alemán Rudolf Christian Karl Diésel, se lo conoce además como gasoil o gasóleo, con una densidad de 832 kg/m³ (0,832 g/cm³), está compuesto por parafinas y su poder calorífico es de 35,86 MJ/lb (43,1 MJ/kg). La fórmula química general del diésel común es $C_{12}H_{23}$, incluyendo cantidades pequeñas de otros hidrocarburos cuyas fórmulas van desde $C_{10}H_{20}$ a $C_{15}H_{28}$.

1.2.5 Destilación del petróleo

El petróleo consiste en hidrocarburos y algunos compuestos de sulfuro de nitrógeno. El petróleo se destila por fraccionamiento para obtener fracciones cada una de estas con un uso peculiar.

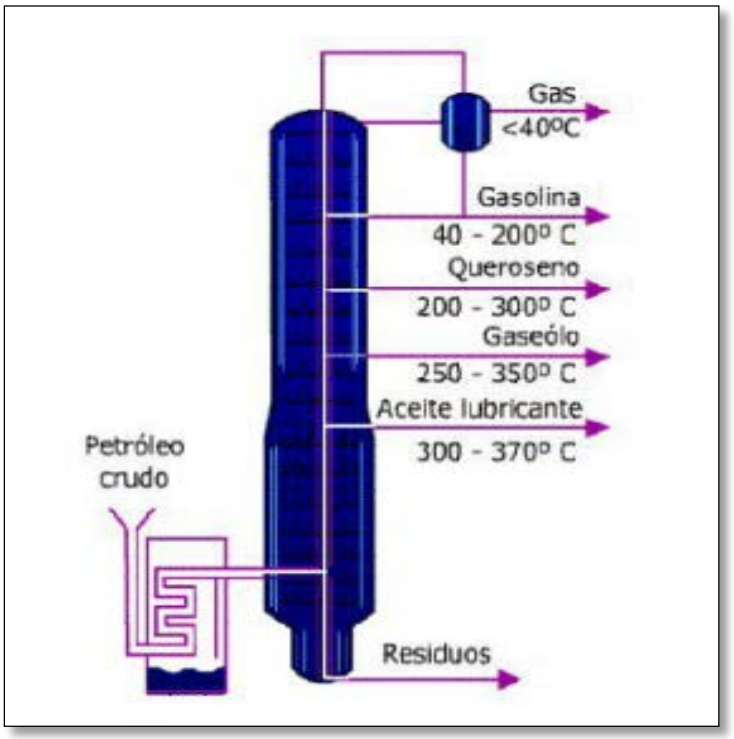


Figura 2.2 - Destilación del petróleo
Fuente: El petróleo Prof. Oscar Salgado

1.2.5.1 Gases

Estos gases son conocidos como Gas Licuado de Petróleo (GLP) se los obtiene a 20ºC en la columna de destilación.

1.2.5.2 Gasolina

Líquido volátil de bajo punto de ebullición obtenido por destilación. La gasolina se destila entre los 20ºC y los 150ºC. Es una mezcla de hidrocarburos del hexano al decano. La gasolina es altamente inflamable; se utiliza en la combustión interna de motores.

1.2.5.3 Queroseno

Líquido volátil similar a la gasolina pero con un punto de ebullición mayor. Se obtiene del petróleo por destilación fraccionada. El queroseno se destila entre los 150ºC y 200ºC. Se utiliza para calefacción, alumbrado y motores a turbina.

1.2.5.4 Diésel

Líquido obtenido del petróleo, es menos volátil que la gasolina y el queroseno y se destila entre los 250ºC y 300ºC. El diésel se utiliza en motores de vehículos. Hay que recordar que el azufre ocurre naturalmente en el petróleo. Si este no es eliminado durante los procesos de refinación, contaminará al combustible. La reducción del límite de azufre en el diésel a 0,05% (500 ppm) es una tendencia mundial.

1.2.5.5 Aceites ligeros

Existen varios tipos de aceites utilizados como lubricantes. Los lubricantes se utilizan para reducir la fricción. Se destilan del petróleo entre los 300ºC y 370ºC; con un elevado punto de ebullición. Existen también sólidos blandos como la vaselina.

1.2.5.6 Asfalto

Material sólido negro y pegajoso consistente en hidrocarburos principalmente. Se lo obtiene a 400ºC. El asfalto se lo utiliza para superficies de calles y para impermeabilizar techos.

1.2.6 Poder calorífico de los combustibles

Es la cantidad de calor producida por la combustión completa de un kilogramo de sustancia. Se presenta a continuación una tabla de valores:

Tabla 2.1- Poder Calorífico

COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO	
	MJ/kg	Kcal/kg
Gas natural	53,6	12800
Acetileno	48,55	11600
Gasolina	46,0	11000
Diésel	42,7	10200
Carbón Mineral	34,7	8300
Alcohol de 95°	28,2	6740

Fuente: William Gruse. *Tecnología Química del Petróleo*. Barcelona. Omega.

Una caloría (cal) es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua pura de 14,5ºC a 15,5ºC a una presión de una atmósfera. (1J =0,24cal).

1.2.7 Ignición, combustión y auto-ignición.

1.2.7.1 Ignición

De acuerdo a Carrión Elisa (2012) afirma que es la acción y efecto de estar un cuerpo encendido, si es combustible, o enrojecimiento por un fuerte calor, si es incombustible. Generalmente, se considera al fenómeno en el que, al iniciarse una combustión, la velocidad de una reacción de oxidación aumenta abruptamente cuando la temperatura de la mezcla de reacción es mayor de cierto valor, esto es, al calentamiento brusco de mezcla gaseosa a la temperatura a la cual ocurre la combustión, p.ej., mediante una chispa eléctrica o una llama

1.2.7.2 Combustión

Según Sánches Naranjo (2011) expresa: es una reacción química de oxidación muy rápida acompañada de un flujo de calor exotérmico grande y de un flujo de sustancias que desaparecen, los reactivos, y de sustancias que aparecen, los productos.

1.2.7.3 Auto-ignición

La auto-ignición puede ocurrir si la temperatura de la mezcla no quemada es demasiado

elevada antes de que sea alcanzada y consumida por el frente de llama.

1.2.8 Propiedades fisicoquímicas del Diésel

1.2.8.1 Número Cetano

Es un indicador de la habilidad de los combustibles para auto-encenderse, después de que han sido inyectados al motor diésel. El número cetano del diésel se mantiene entre 45 y 50. El número cetano se comporta de manera inversa al número octano.

Un número de cetano bajo ocasiona: combustión inadecuada, ruido excesivo, aumento de emisiones, reducción del rendimiento del vehículo, aumento en la fatiga del motor.

1.2.8.2 Descripción

Tabla 2.2- Propiedades del Diésel

PROPIEDADES	DIESEL
Norma del combustible	ASTM PS121
Composición	$C_{12}H_{23}$
Carbono (% peso)	86,5
Azufre (% peso)	0,05 máx.
Agua (ppm peso)	161
Oxígeno (% peso)	0
Hidrógeno (% peso)	13
Nº Cetano	45 – 50
Poder Calorífico	43,10 MJ/kg
Viscosidad (40ºC)	1,3 - 4,1
Punto de inflamación (ºC)	60 - 80
Punto de ebullición (ºC)	188 - 343
Relación de aire/combustible	15
Temperatura de auto-ignición (ºC)	250 - 270

Fuente: William Gruse. *Tecnología Química del Petróleo*. Barcelona. Omega.

1.3 Degradación del Diésel

En una publicación técnica realizada por AXI Internacional indica que la degradación del diésel es inevitable, es un proceso natural. Y si nosotros no implementamos programas de muestreo, análisis, monitoreo y mantenimiento, la descomposición del combustible continuará convirtiéndose en un potencial, costoso riesgo y un contribuidor principal en sus costos de operación.

El diésel es un fluido muy complejo, no es homogéneo y nunca se encontrarán dos muestras idénticas. El deterioro del combustible, el poder calorífico, su capacidad de ser filtrado y su vida estable dependiendo de una gran variedad de factores en los que se incluyen su almacenamiento.

La descomposición del combustible es acelerada dramáticamente por cambios en la temperatura, presencia de agua, contaminación microbiana y la exposición a calor y altas presiones presentes en los sistemas de inyección de motores.

La vida estable del combustible y la tendencia de saturación de los filtros dependen de una serie de factores tales como: transporte y almacenamiento, oxidación y descomposición natural, la fuente del petróleo del cual es obtenido, el uso de aditivos en su producción y la introducción de biocombustibles.

1.3.1 Contaminantes encontrados en el Diésel.

1.3.1.1 Agua

Es una gran preocupación, pues es la forma de contaminación más común. El agua puede introducirse en el diésel durante la carga, cuando el aire caliente, cargado de humedad se condensa en las paredes del tanque de combustible. El agua puede destruir un inyector o reducir la capacidad lubricante del combustible.

1.3.1.2 Hongos y Bacterias

Estos microorganismos viven en el agua y se alimentan de los hidrocarburos, esas activas y crecientes colonias pueden dispersarse rápidamente por el sistema del combustible y tapar el sistema de filtrado.

1.3.1.3 Ceras

Aunque es deseable como una fuente de energía en el combustible, es necesario su control en clima frío. Los cristales de cera se forman como resultado de la precipitación de la parafina a baja temperatura, ocasionando el taponamiento del filtro de combustible.

1.3.1.4 Alquitranes

Son componentes del asfalto que generalmente son insolubles y comúnmente están

presentes en cierto grado en todo combustible diésel. El combustible con un alto porcentaje de alquitranes acortara drásticamente la vida útil del combustible.

1.3.1.5 Sedimentos y otros sólidos

A menudo llegan al tanque de combustible y causan problemas. Muchos sólidos pueden ser removidos por filtración o sedimentación.

1.3.2 Humos del Diésel

Azulados:

Sube aceite por desgastes o pérdidas por el turbo.

Blancos:

Vapor de Gasoil. Combustible sin quemar. Inyección muy atrasada o motor fuera de punto. Cámaras frías, malas pulverizaciones. Formación de aldehídos muy contaminantes e irritantes de las vías respiratorias.

Negros:

Combustión incompleta. Residuos muy complejos producidos por “Cracking” que es el desdoblamiento de las moléculas de HC del combustible (Hidrocarburos). HC livianos arden fácil (200°C), HC pesados arden a más temperatura (350 a 400°C) formando alquitranes y carbón (humos negros). Son producidos por inyección levemente atrasada,

fugas de aire por los aros del pistón que generan bajas presiones de compresión por falta de aire. Es el contaminante más común del Diésel. Material particulado de carbono.

Los humos negros en general no se producen por exceso de combustible si no por FALTA DE AIRE (fugas o restricciones en la admisión) produciendo dentro de la Cámara un ambiente enrarecido por los gases que lentifica la combustión del último combustible inyectado. Pueden tener su origen en Inyectores defectuosos.

1.4 Motor e Inyección Diésel

1.4.1 Motor Diésel

El motor diésel para autos tal como se usa hoy en vehículos industriales, comerciales y en turismos, se ha desarrollado partiendo del motor diésel estacionario, de marcha lenta. Ha sido necesario para ello disminuir notablemente las dimensiones y el peso. Simultáneamente hubo que elevar de modo importante el número de revoluciones (hasta unas 5000 rpm).

1.4.1.1 Principio de funcionamiento

El motor diésel es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido se logra por la temperatura elevada producto de la compresión del aire en el interior del cilindro. Un motor diésel funciona mediante la ignición de la mezcla aire-gas sin chispa. La

temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo del motor, compresión. El combustible diésel se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

1.4.1.2 Ciclo de funcionamiento

Se trata de un ciclo termodinámico de un motor de combustión interna, en el cual el calor que produce la compresión se encarga de encender el combustible y la secuencia de sus procesos se describen a continuación:

Admisión:

Entra aire del ambiente a través de la válvula de admisión y el pistón es empujado del punto muerto superior (PMS), al punto muerto inferior (PMI).

Compresión:

El pistón se mueve del PMI, al PMS, comprimiendo el aire admitido y elevando su temperatura a causa de la alta relación de compresión, que oscila entre los 15:1 a 22:1. El combustible es atomizado en la cámara de combustión, poco antes de llegar al PMS en la carrera de compresión.

Expansión:

El pistón es impulsado del PMS, al PMI, expandiendo los productos de la combustión para producir potencia.

Escape:

El pistón se mueve del PMI, al PMS, expulsando los gases de la combustión después de expandirse, para concluir el ciclo.

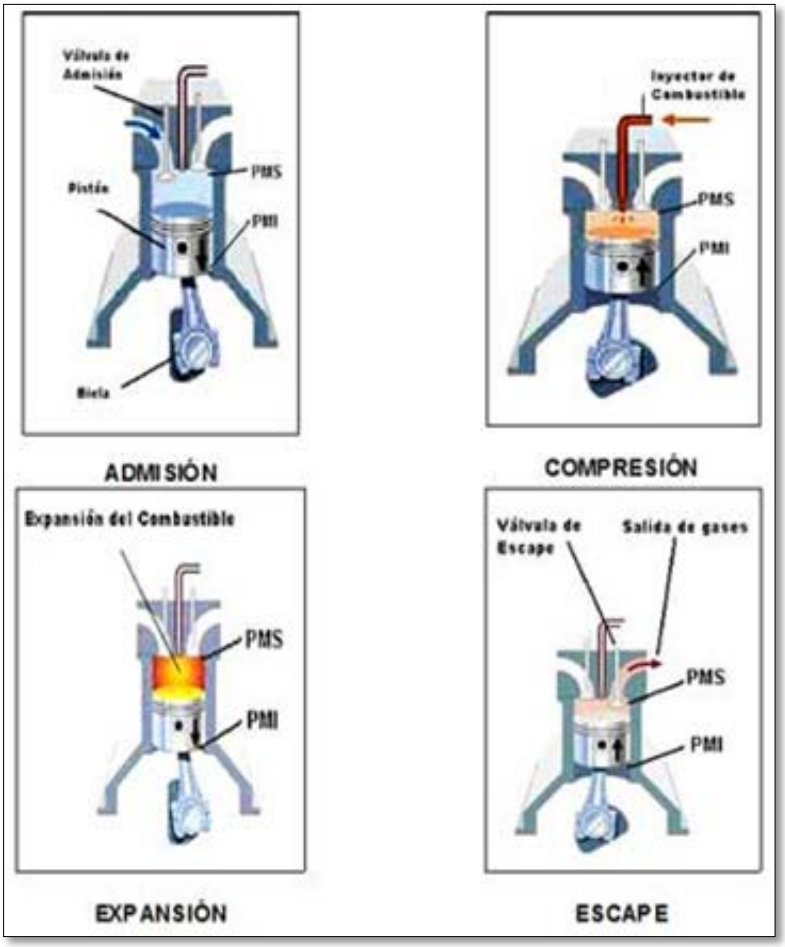


Figura 2.3 - Ciclo de funcionamiento
Fuente: http://transporteinformativo.com/informacion-tecnica/principios-de-funcionamiento-del-motor-diesel

1.4.1.3 Constitución

El motor diésel está constituido básicamente de las mismas partes que un motor a gasolina pero funcionan según distintos principios, entre las principales partes tenemos:

Bloque motor:

Es una pieza fundida en hierro o aluminio que aloja los cilindros, así como los soportes de apoyo del cigüeñal

Culata:

Es la parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de las cámaras de combustión. La culata se constituye en hierro fundido, aluminio o en aleación ligera y se une al bloque motor mediante tornillos y una junta de culata.

Cigüeñal:

Es un eje con codos y contrapesos que aplicando el principio del mecanismo de biela-manivela transforma el movimiento rectilíneo en circular uniforme y viceversa.

Biela:

Es un mecanismo que transforma el movimiento circular en un movimiento de traslación, o viceversa. Por ejemplo el movimiento lineal del pistón se transmite a la biela y se convierte en movimiento circular en el cigüeñal.

Volante:

También llamado volante de inercia o volante motor va atornillado al cigüeñal y está equilibrado con gran exactitud para asegurar un movimiento suave del motor a todas las velocidades.

El volante de inercia gira a la vez que el cigüeñal y tiende a distribuir los impulsos motrices de forma regular a lo largo de ciclo del motor.

Pistón:

Es un elemento básico de los motores de combustión interna. Se trata de un émbolo que se ajusta al interior de las paredes del cilindro mediante aros flexibles. Se constituye normalmente en aleación de aluminio.

Rines:

Sus funciones generales son: sellar la cámara de combustión, ayudar en la transferencia de calor desde el pistón a la pared del cilindro y regular el consumo de aceite del motor.

Árbol de levas:

Es un eje q lleva unas excéntricas, las cuales constituyen las levas que son las encargadas de abrir las válvulas. El número de levas q lleva el árbol depende del número de cilindros.

Válvulas:

Es un dispositivo mecánico que regula el paso de la mezcla aire-combustible de la admisión y los gases de escape.

Cárter:

Es una pieza fundamental del motor pues cierra el bloque, por la parte inferior y que cumple adicionalmente con la función de actuar como depósito para el aceite del motor.

Normalmente el cárter se fabrica a partir de una chapa de acero.

1.4.2 Sistemas de inyección Diésel

1.4.2.1 Tipos de inyección

Según donde se efectúe la inyección, éstos se clasifican en dos grupos: de inyección indirecta, cuando el combustible es inyectado en una cámara de turbulencia situada en la culata del motor y de inyección directa, cuando la inyección se realiza en la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón.

Directa:

Los motores diésel con este sistema de inyección, son motores más bien lentos que entregan la potencia máxima por debajo de la 4500 rpm de giro del cigüeñal; estos motores tienen la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón.

En algunos motores la cámara de combustión la forma un postizo de fundición situado en la cabeza del pistón. Esta disposición de la cámara facilita el arranque en frío y tienen menor consumo de combustible que los de inyección indirecta, pero a su vez su funcionamiento más brusco y mayor concentración de contaminantes en los gases de escape.

Indirecta:

Los motores de inyección directa son rápidos en los que el cigüeñal puede llegar a girar a 5000 rpm. La cámara de combustión formada por dos partes diferenciadas; una de ellas es un pequeño volumen vaciado en la culata llamado cámara de turbulencia o pre-cámara y la otra parte es el pequeño espacio que queda entre la cabeza del pistón y la culata cuando el pistón está situado en el PMS; ambas partes están comunicadas por un canal practicado en la culata.

1.4.2.2 Inyectores

El inyector diésel es el componente del sistema de inyección, que se encarga de introducir el combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión.

Dependiendo que sean inyectores para motores de inyección directa o indirecta, su construcción y morfología es distinta. Los inyectores llamados de orificios son los de inyección directa y los de tetón de inyección indirecta.

Con las primeras gestiones electrónicas para motores diésel se utilizaban inyectores con sensor de movimientos de aguja o inyectores pilotados, o como se denominan vulgarmente, los inyectores con cable.

Son inyectores mecánicos completamente iguales a los convencionales y pueden ser reparados sin ningún problema. Su diferencia se encuentra en el hecho de llevar una bobina eléctrica en la parte superior que detecta el movimiento de la aguja de la tobera, lo que supone de hecho el comienzo real de la inyección.

1.4.2.3 Bombas de inyección

El Diésel, una vez filtrado y por el caudal que le da la bomba de alimentación, llega a la bomba de inyección. Esta bomba cumple tres funciones fundamentales:

- Dosificar la cantidad de Diésel que, en cada momento, debe entrar al motor.
- Da una presión elevada al Diésel para que pueda entrar al cilindro y se pulverice finalmente.
- Manda el Diésel a los cilindros en su momento oportuno.

Estas bomba recibe el movimiento del cigüeñal del motor por medio de engranajes, y debe ir sincronizada con él para que la inyección de efectué en el momento preciso.

1.4.2.3.1 Bomba lineal

Se denomina principalmente bomba de inyección lineal debido a que los impulsadores se encuentran en línea y se caracteriza porque el número de impulsores debe ser igual al

número de cilindros, las levas están desfasadas según la distribución de la inyección de combustible para cada cilindro. La presión en este tipo de bomba está dada por la válvula anti-retorno y por la fuerza del muelle ubicado en el inyector. La inyección se debe dar a cabo al superar la presión ya mencionada y pulverizar el combustible mezclándolo correctamente con el aire y así obtener una mejor combustión.

Las partes principales de la bomba de inyección lineal son: Válvula de aspiración, cuerpo de la bomba, árbol de levas, entrada de combustible, bomba de alimentación, regulador o gobernador, salida de combustible, varilla de control.

Funcionamiento de la bomba lineal

Al girar el árbol de levas mueve los impulsadores y los émbolos ubicados en los cilindros de la bomba; mientras se oprime el acelerador se mueve la cremallera y está a su vez hace girar el helicoidal, el cual suministra más cantidad de combustible a los cilindros de la bomba y por medio de los émbolos el combustible es enviado hacia cada inyector en la cámara de combustión del motor.

Cada elemento (impulsador y émbolo) es accionado por el eje de levas de la bomba con su correspondiente leva; en algunas ocasiones cuando la bomba de suministro o elevadora va acoplada a la carcasa de la bomba de inyección se utiliza una leva extra acoplada directamente en el eje de levas.

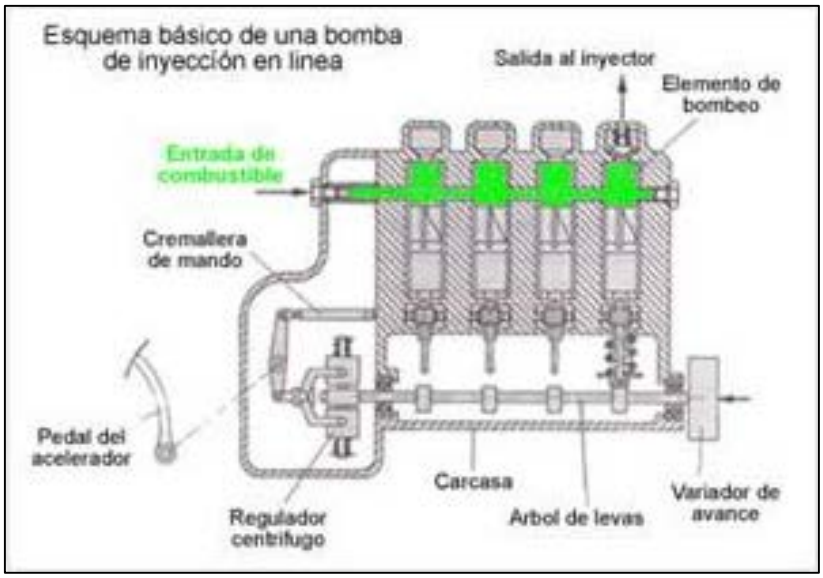


Figura 2.4 - Bomba lineal
Fuente: http://www.ro-des.com/mecanica/bomba-de-inyeccion-diesel-que-es-y-como-funciona.php

1.4.2.3.2 Bomba rotativa

Las bombas rotativas se basan en la acción de un único distribuidor giratorio que pone la cámara de compresión en comunicación con la aspiración y con la salida, alternativamente. El caudal se regula accionando una leva de disco que, en las bombas de émbolo único giratorio tipo Bosch, desplaza alternativamente el propio distribuidor y que, en las bombas de émbolos opuestos, mueve los propios pistones.

Mientras que en el primer caso la carrera de retorno del elemento de bombeo se produce por la acción de un muelle, en el segundo es la presión de alimentación la que determina el retorno de los émbolos opuestos. Las bombas rotativas presentan algunas ventajas, como sus menores dimensiones, incorporación del regulador (generalmente de tipo hidráulico), su mayor precisión de funcionamiento y su menor necesidad de mantenimiento. Por el contrario, requieren un filtrado suplementario del combustible, ya que la lubricación de los

elementos de la bomba la efectúa el propio combustible, el cual, por tanto, debe carecer de impurezas y agua para evitar el gripado.

Una bomba Rotativa está constituida por los siguientes componentes: Cabezal, carcasa, eje de accionamiento, bomba de transferencial, válvula de control de la presión de transferencia, regulador de velocidad, vareador de avance de la inyección.

Función de la bomba rotativa

Las bombas de inyección rotativas aparte de inyectar combustible en los cilindros también tienen la función de aspirar combustible del depósito de combustible. Para ello disponen en su interior, una bomba de alimentación que aspira combustible del depósito a través de un filtro.

Cuando el régimen del motor (RPM) aumenta: la presión en el interior de la bomba asciende hasta un punto en el que actúa la válvula reductora de presión, que abre y conduce una parte del combustible a la entrada de la bomba de alimentación. Con ello se consigue mantener una presión constante en el interior de la bomba. Un sistema de alimentación de combustible con bomba rotativa posee las siguientes características:

- Posee un solo elemento de bombeo para todos los cilindros del motor.
- Entrega el combustible en orden correlativo, por esta razón el orden de inyección lo determina la posición de sus cañerías de alta presión.
- Todos sus componentes se alojan en una sola carcasa.

- Se lubrica con el mismo combustible que inyecta, por lo tanto puede trabajar en cualquier posición.
- Es compacta y menos ruidosa.

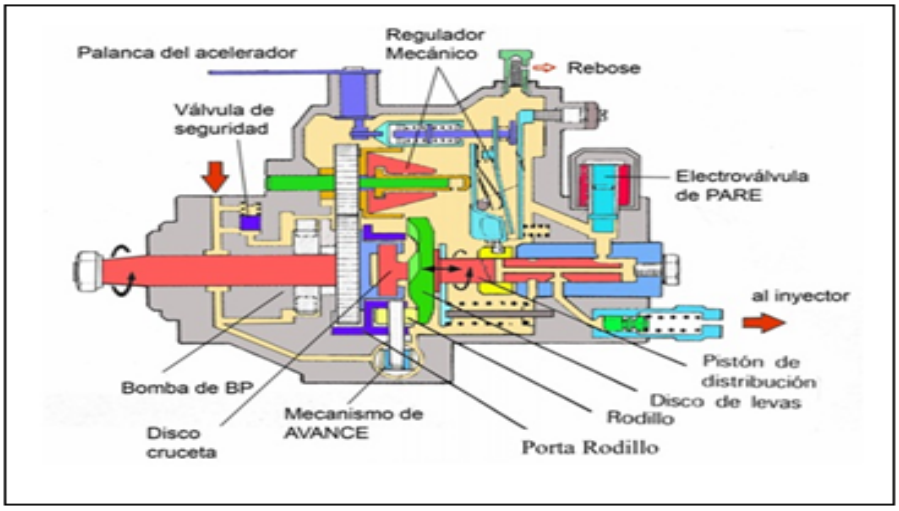


Figura 2.5 - Bomba rotativa
Fuente:http://campus.claroline.net/claroline/phpbb/viewtopic.php?topic=6&cidReset=true&cidReq=1971_003&start=5

1.4.2.4 Sistema de Riel Común

El sistema de Riel Común o conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónico para motores diésel de inyección directa en el que el diésel es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y por alta presión al cilindro.

Puede aplicarse muy fácilmente en un motor a diésel, sin necesidad de tener que realizar un complicado cambio o nuevo diseño.

Entre las principales partes tenemos:

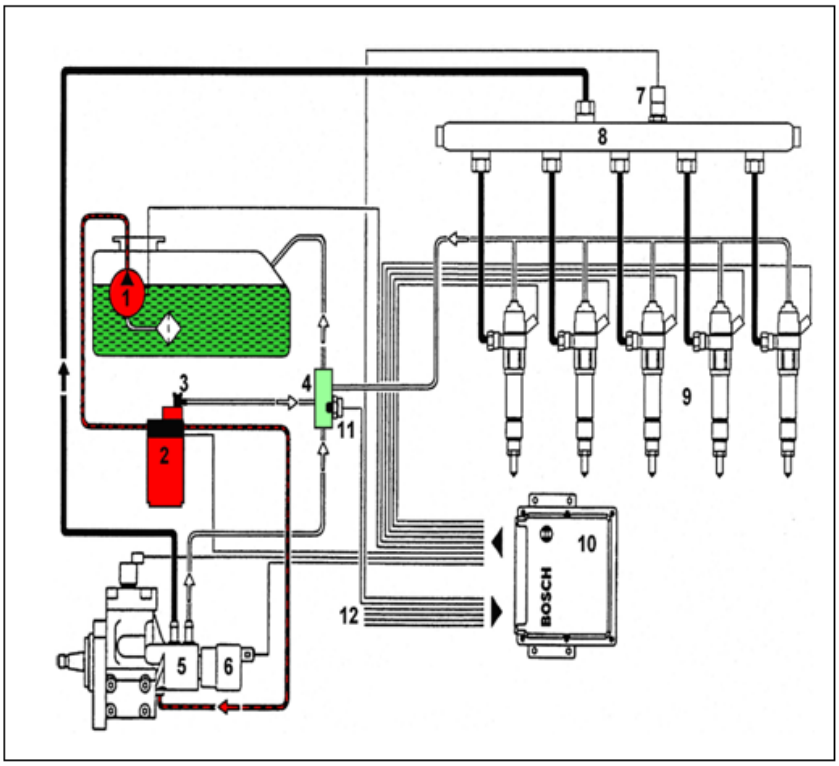


Figura 2.6 - Sistema de Riel Común
Fuente: Manuales Boch

Tabla 2.3 – Partes del Sistema de Riel Común

1	Bomba de combustible eléctrica
2	Filtro para combustible
3	Válvula de sobrecarga
4	Colector de retorno
5	Bomba de alta presión
6	Válvula reguladora de alta presión
7	Sensor de presión de la Riel
8	Riel (regleta de distribución)
9	Inyectores
10	Computadora de mando
11	Sonda de temperatura para combustible
12	Otros sensores

Fuente: Manuales Boch

En el sistema de riel común se pueden identificar tres subsistemas fundamentales:

- Circuito de baja presión.
- Circuito de alta presión.
- Unidad de mando con sensores.

Circuito de baja presión:

Su misión es transportar el combustible hacia el circuito de alta presión.

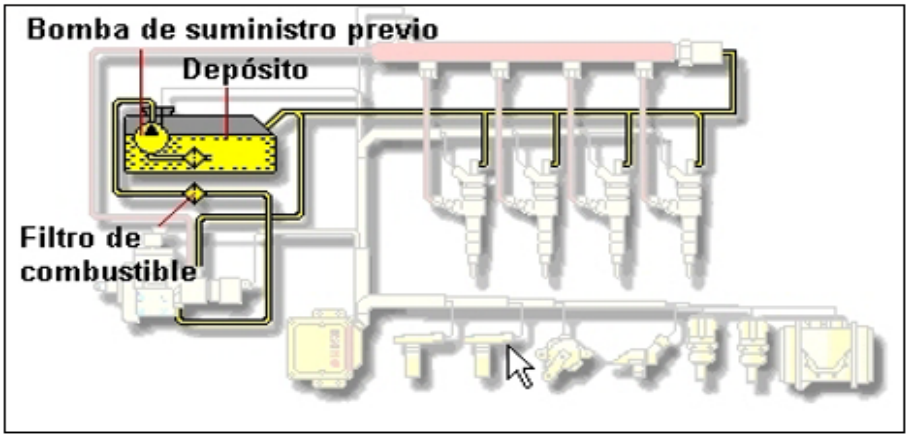


Figura 2.7 - Circuito de baja presión
Fuente: Infocar

Circuito de alta presión:

Genera alta presión constante en el acumulador de alta presión y la inyección del combustible en el cilindro.

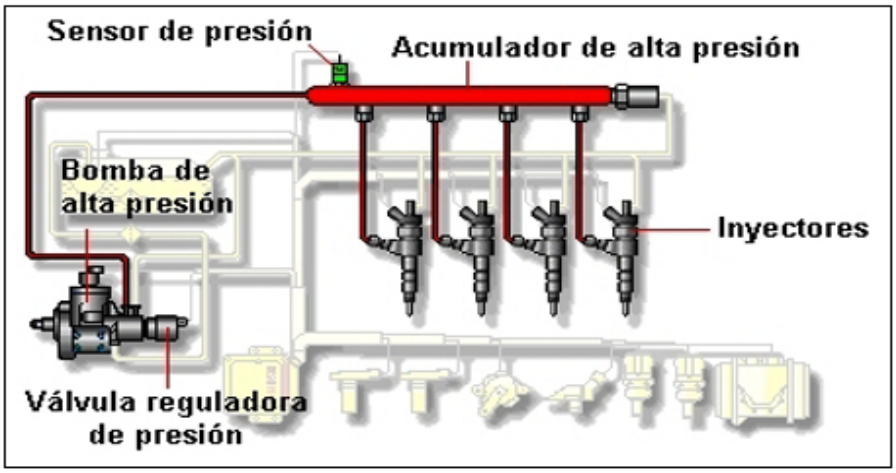


Figura 2.8 - Circuito de alta presión
Fuente: Infocar

Unidad de mando con sensores:

La misión de los sensores es medir las magnitudes físicas importantes, siendo la unidad de mando la que computa la cantidad, el punto, la duración y el transcurso de la inyección, supervisando además, el sistema de inyección completo.

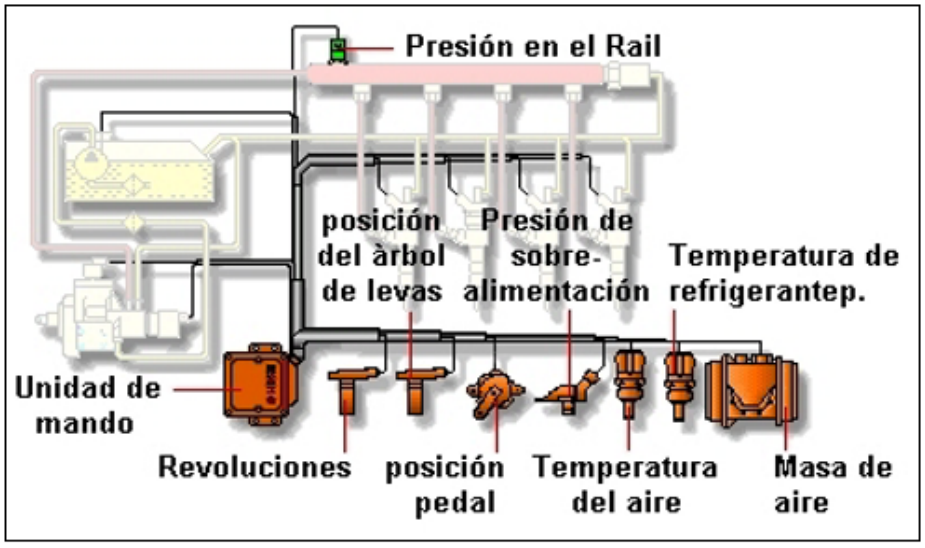


Figura 2.9 - Unidad de mando con sensores
Fuente: Infocar

1.5 Principales Sistemas para la Reducción de Emisiones

1.5.1 EGR (Válvula de recirculación de gases de escape)

¿Para qué pasar de nuevo a los cilindros aire ya quemado? Pues para contaminar menos. En concreto, con la válvula EGR se mantienen a raya uno de los componentes de los gases de escape, los óxidos de nitrógeno. La producción de estos óxidos es mayor cuanto mayor es la temperatura en la combustión, y mediante la válvula EGR se consigue reducir la temperatura de la combustión al introducir de nuevo en los cilindros gases quemados, cuyo contenido de oxígeno es menor.

Normalmente la válvula se abre o se cierra a bajo y medio régimen. Como ya habrás imaginado, si el aire introducido en la cámara de combustión tiene menos oxígeno, al producirse la explosión en el cilindro sólo reaccionan los gases “frescos”, los que sí tienen oxígeno para quemar. Se generará por tanto menos calor, que es el efecto buscado para reducir la formación de óxidos de nitrógeno.

Cuando se demanda máxima potencia, es decir, cuando se acelera a fondo, la válvula EGR permanece cerrada, no actúa. Lógico, pues en estas circunstancias se necesita la aportación de aire con la mayor cantidad de oxígeno posible, es decir, aire fresco.

Pero, ¿qué pasa en la práctica? ¿Tiene efectos secundarios para el motor la válvula EGR? Efectivamente, si metemos menos aire fresco y la combustión es menos “potente”, por decirlo de alguna manera, en cierto modo la válvula EGR limita el rendimiento. De hecho, algo similar a lo que sucede con los filtros de partículas, que necesitan de una serie

de inyecciones adicionales de combustible para elevar la temperatura y poder regenerar el filtro quemando las cenizas acumuladas cuando está lleno. En los dos casos, hay un pequeño tributo a pagar para contaminar menos.

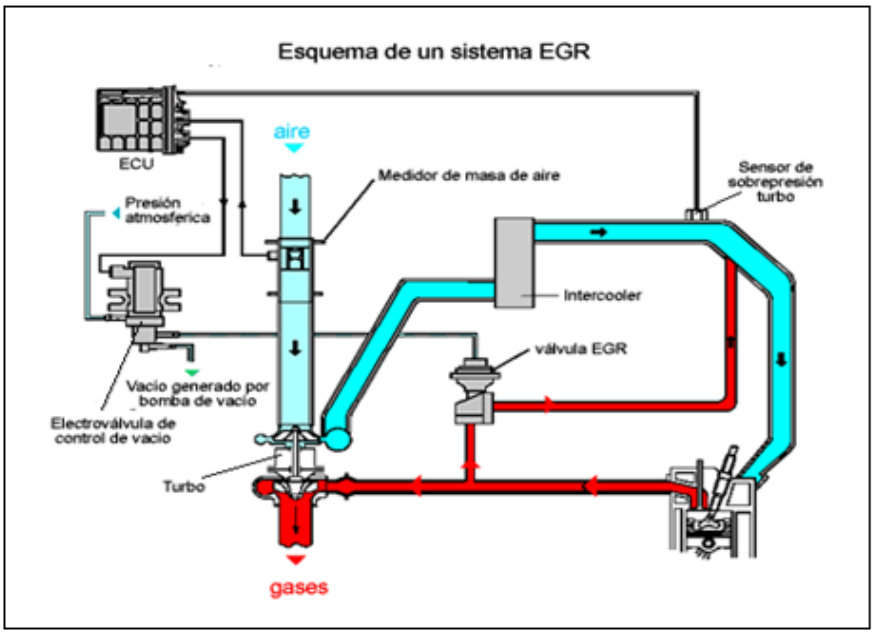


Figura 2.10 – Sistema EGR
Fuente: Infocar

1.5.2 Normas Euro

La norma Euro es una ley creada por la Unión Europea para regular las emisiones de contaminantes por parte de los autos, que se miden durante un ciclo de conducción estándar que dura veinte minutos. Se compone de la conducta típica en ciudad, seguido de una fase de conducir más rápida. La velocidad media para este ciclo es de 33km/h. Dicha normativa afecta a vehículos particulares, camiones y vehículos comerciales.

A continuación tenemos la comparación de los límites de emisión tolerado en Europa, Japón y los Estados Unidos.

Tabla 2.4 – Normas Euro

Motor Diésel						
Norma	Entrada en vigencia	CO (g/km)	HC (g/km)	HC +NOx (g/km)	NOx (g/km)	PM (g/km)
Euro 1	01/07/92	2,72-3,16	-	0,97-1,13	-	0,14-0,18
Euro 2	01/01/96	1	-	0,9	-	0,10
Euro 3	01/01/00	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro 4	01/01/05	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro 5	01/09/09	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	01/09/14	0,50	-	0,17	0,08	0,005

Fuente:http://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/sondas-lambda/aspectos-basicos-de-los-gases-de-escape/normas-euro/

1.5.3 Catalizador

Es un dispositivo de tratamiento posterior para los gases de escape, su función es tomar gases de poca estabilidad molecular, que son peligrosos para el ser humano, para convertirlos en partículas de alta estabilidad molecular y con una nula reactividad en condiciones normales de presión y temperatura.

Antes de que los gases de escape sean expulsados, atraviesan el catalizador, donde son depurados los contaminantes mediante un proceso químico, convirtiéndolos en sustancias inofensivas y que están presentes en la atmósfera como nitrógeno, agua y dióxido de carbono (CO_2).

Principalmente los catalizadores constan de una malla de cerámica a la cual se le han incrustado partículas de metales preciosos como son platino, paladio y rodio. Todo esto en una carcasa metálica de acero inoxidable.

1.5.4 Filtro de partículas

Es un sistema para separar la materia en forma de partículas de los gases de escape producidos por los motores diésel. Nace de una necesidad de que los motores convencionales causan un deterioro de la calidad del aire, especialmente material particulado (MP) y óxido de nitrógeno (NOx).

La regeneración consiste en quemar cada cierto tiempo (de 8 a 10 horas), las partículas acumuladas en el filtro. Estas partículas están compuestas, en su mayoría por carbono e hidrocarburos.

Para que se produzca su combustión en el filtro, se necesita la presencia de oxígeno y una temperatura de 550 ºC. La regeneración del filtro está dirigida por el sistema de inyección de riel común.

1.5.5 Calentadores:

Los calentadores tienen la función de suministrar energía calorífica adicional para el arranque del motor.

Según NGK, antes de arrancar el motor, se aplica tensión al calentador y el tubo incandescente se calienta a más de 800 ºC. Este calor mejora considerablemente la capacidad del arranque en frío del motor. La formación de calor de los calentadores optimiza además la combustión reduciendo así la formación de humos y otras emisiones.

Capítulo II

2.1 Mantenimiento del Diésel

En la actualidad es necesario contar con equipos, métodos y programas de mantenimiento para proteger los motores y preservar la integridad del combustible almacenado. Esto garantiza energía permanente y confiable para:

- Aumentar tiempo de operación, reducir emisiones de costos de funcionamiento.
- Optimizar y preservar la integridad del diésel almacenado.
- Proteger motores, asegurando máximo rendimiento y confiabilidad.
- Limpiar tanques, restaurando el diésel a su condición original clara y brillante.

2.1.1 Mantenimiento mecánico

2.1.1.1 Filtros y separadores

Son sistemas de optimización y limpieza de combustible que eliminan el agua, retienen lodo proveniente del tanque, contaminación microbiana con el fin de estabilizar el combustible.

2.1.1.2 Separación Centrifuga

Los separadores centrífugos brindan separación entre sólidos y líquidos o entre distintos

líquidos en diferentes procesos de separación.

2.1.1.3 Limpieza de Tanques

Los sistemas móviles de limpieza de tanques reacondicionan, estabilizan y filtran el diésel. Estos sistemas eliminan el agua, el sedimento y el lodo que se acumulan en los tanques debido a sus propiedades y condiciones.

2.1.2 Mantenimiento químico

2.1.2.1 Acondicionadores de combustibles

La inconsistencia de la calidad del combustible da como resultado una insatisfacción sobre el rendimiento y la vida útil del motor. El acondicionador de gasoil es una mezcla de aditivos que son capaces de mejorar cualquier tipo de combustible Diésel. Es por esto que es recomendable su uso durante todo el año y en forma regular, para cualquier trabajo y aplicación.

Características:

- Aumento del número de cetanos para arranque más suave, rápido y eficiente.
- Estabiliza el combustible, reduce los sedimentos, previene el taponamiento de los filtros y extiende su vida útil.

- El uso regular inhibe el crecimiento de bacterias en el combustible y lo estabiliza durante su almacenamiento.
- Mejora de las propiedades de fluidez para prevenir que se gelifique el combustible y se obture el filtro.
- Anticongelante que inhibe el congelamiento del combustible y del filtro.

2.1.2.2 Biocidas

Los biocidas son compuestos químicos naturales o sintéticos; que deben ser específicos de acuerdo al tipo de microbios que se quieres destruir o neutralizar en el combustible. Estos solo solucionan contaminación microbial, pues no mejoran el rendimiento del combustible.

El principal problema de los biocidas es que produce lodos tóxicos en el tanque y además son peligrosos de manejar.

2.1.3 Catalizadores de combustible

Es un aditivo concentrado de combustible único y potente. Es necesario implementar dichos catalizadores como parte de un programa de mantenimiento preventivo de combustible, en combinación con una buena administración estabilizará su combustible, evitará la formación de lodos y eliminará la necesidad de usar aditivos costosos y tóxicos.

Beneficios:

- Menor consumo de combustible.

- Menos emisiones.
- Menor creación de hollín en el motor.
- Limpieza de combustible.
- Elimina y previene la formación de carbono y de corrosión.
- Añade lubricación y prolonga la vida del aceite de lubricación y del equipo.

Desventajas:

- Es consumible, debe ser adicionado constantemente al combustible.
- Debe ser adquirido, almacenado y transportado continuamente.
- La mayoría de las veces es costoso.

2.1.4 Ión metálico – efecto batería

Tecnología de metales diferentes: Se llena un recipiente con limadura de 2, 4 o más tipos de metales, cada uno con diferente potencial eléctrico, y cuando un fluido (ej. diésel) pasa a través del recipiente, este actúa como un electrolito en una batería, permitiendo fluir a los electrones de metal a metal. Los iones colisionan con los clúster del combustible (aglomeraciones) haciendo que las moléculas se separen y se dispersen.

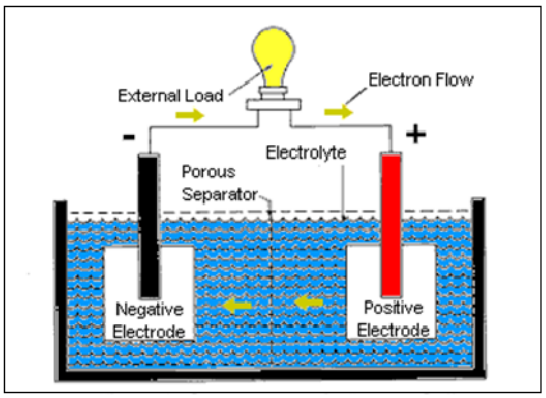


Figura 2.11 - Ión metal
Fuente: Manuales Inverneg

Beneficios:

- Bajo consumo de combustible.
- Menos emisiones.
- Menos carbón en el motor.

Desventajas:

- Baja duración: Mientras los iones atacan el metal, el potencial eléctrico disminuye y los iones dejan de fluir. Por lo que la unidad deja de funcionar y necesita ser reemplazada.
- Costoso

2.1.5 Emulsificación del agua

La emulsificación es un proceso mediante el cual se mezclan dos líquidos que normalmente no lo hacen. Conocido como W.I.D.E (Water-in-diesel-emulsions), esta técnica causa gotas microscópicas de agua para que sean encapsuladas por gotas de combustible (emulsificadas). Cuando la compresión ocurre en el cilindro existe un "proceso de vapor" que rápidamente evapora las gotas de combustible, permitiendo una mejor combustión

Ventajas:

- Bajo consumo de combustible.

- Menos emisiones.
- Disminución en el mantenimiento del motor.

Desventajas:

- Costoso.
- Instalación de un gran módulo de emulsificación y un panel de control.
- Instalación de tubería extra para el agua y el sistema de combustible.
- Necesita mantenimiento periódico.
- Se necesitan repuestos para el equipo.

2.1.6 Elementos magnéticos

La Inducción Magnética genera un rompimiento en los clúster (aglomeraciones de aditivos) del combustible y ayuda en la restauración de la calidad óptima del combustible, invirtiendo el proceso de degradación del combustible

2.2 Algae-X

Son acondicionadores de combustibles que estabilizan y ordenan el diésel, reduciendo el tamaño de moléculas de combustible y en combinación con filtros primarios y separadores de agua, dichos acondicionadores previenen la degradación del combustible y la contaminación microbiana. Optimizan la calidad del diésel, mantiene tanques limpios, protege el sistema de inyección y alarga la vida del motor.

Ventajas:

- Flujo directo a través del dispositivo. “Diseño de auto-limpieza”.
- Sólo requiere la inversión inicial.
- Fácil instalación (no requiere conexiones eléctricas).
- Libre de mantenimiento.
- Extiende la vida de filtros, inyectores, bombas, motores y combustibles.
- Mejora el rendimiento del motor.
- Reduce las emisiones y el consumo.
- Extiende los intervalos de mantenimiento y los tiempos de parada.
- Reduce la necesidad de limpieza de tanques.
- Provee máxima confiabilidad para sistemas de energía de emergencia.
- Elimina la necesidad de aditivos tóxicos para el combustible.

2.2.1 Física del acondicionador magnético

Funciona por el principio básico de inducción que es el resultado de la combinación de un campo magnético y energía cinética para producir una corriente eléctrica. Este acondicionador está basado en el efecto físico positivo de un intenso y permanente campo magnético en diésel. El campo magnético cambia la estructura molecular del diésel; mientras el flujo de carburante viaja a través de la línea de combustible del motor, la cadena molecular se hace más pequeña y por ese motivo es capaz de conseguir envolver más moléculas de oxígeno.

Todo el proceso de combustión en consecuencia mejora, los depósitos no se contaminan y por ese motivo la salida de contaminación es substancialmente reducida.

Figura 2.12 - Desmontaje Algae-x (a)
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

2.2.2 Características del acondicionador Algae-X

- **Principio:**

  Expone el combustible en movimiento a un campo magnético por un periodo de tiempo corto.

- **Acción:**

  Grandes clústers de las moléculas del combustible son expuestos a la energía inductiva en la unidad del Algae-X.

- **Resultado**:

Algae-X rompe los clústers de moléculas de combustible, restaurando el flujo, optimizando la combustión y eliminando la formación de lodos.

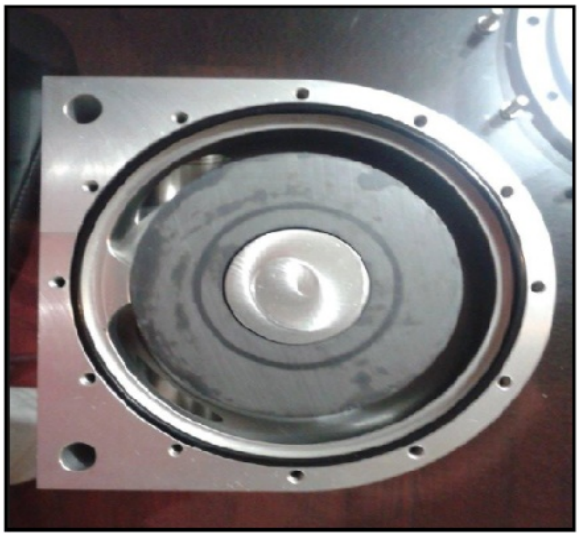


Figura 2.13 – Desmontaje Algae-x (b)
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

2.2.3 Instalación

Los acondicionadores de combustible Algae-x son bidireccionales, los puertos de entrada y salida son intercambiables. Ellos pueden ser fácilmente instalados en la línea de combustible entre el tanque y el filtro; centrifugadora primaria o en un sistema de transferencia de combustible (bomba). Tenga precaución de cumplir con los procedimientos de seguridad aplicables al trabajar cerca de combustible diésel.

Extinguir las llamas u otras fuentes de ignición y asegúrese de realizar la instalación del dispositivo en un área con ventilación adecuada.

Se recomienda la protección personal, utilización de gafas de seguridad y guantes resistentes a los combustibles. No instale en inmediaciones de equipos o dispositivos sensibles a los campos magnéticos de navegación.

Asegúrese que los motores y bombas de circulación estén apagados y las válvulas de suministro de combustible están cerradas. Instale la unidad de Algae-x en el sistema de combustible que usa conectores y tubería de diámetro apropiado, así como del material y calidad según lo recomendado por el fabricante del motor.

Aplicar sellador de combustible resistentes a todos los conectores. Se recomienda el uso de un soporte de montaje no ferroso. No monte directamente al marco de acero. Si se utiliza la cinta Teflón; asegurarse de que sea resistente a combustible diésel y aceite, ya que algunos de estos productos se utilizan principalmente para aplicaciones de agua.

Preferiblemente monte la unidad de Algae-x en forma horizontal o vertical, no con la parte redonda de la unidad hacia abajo. No recomendamos el uso de codos de 90 grados o curvas cerradas al instalar Algae-x en la línea de combustible.

Si se usa una unidad Algae-x adecuada (capacidad de flujo recomendada), no causará una caída de presión. Después de instalarlo, asegúrese de que todos los conectores estén ajustados y seguros. Utilice tornillos de purga de filtros y bombas para purgar el aire fuera del sistema de combustible, y de nuevo para comprobar el combustible y / o pérdidas de aire.

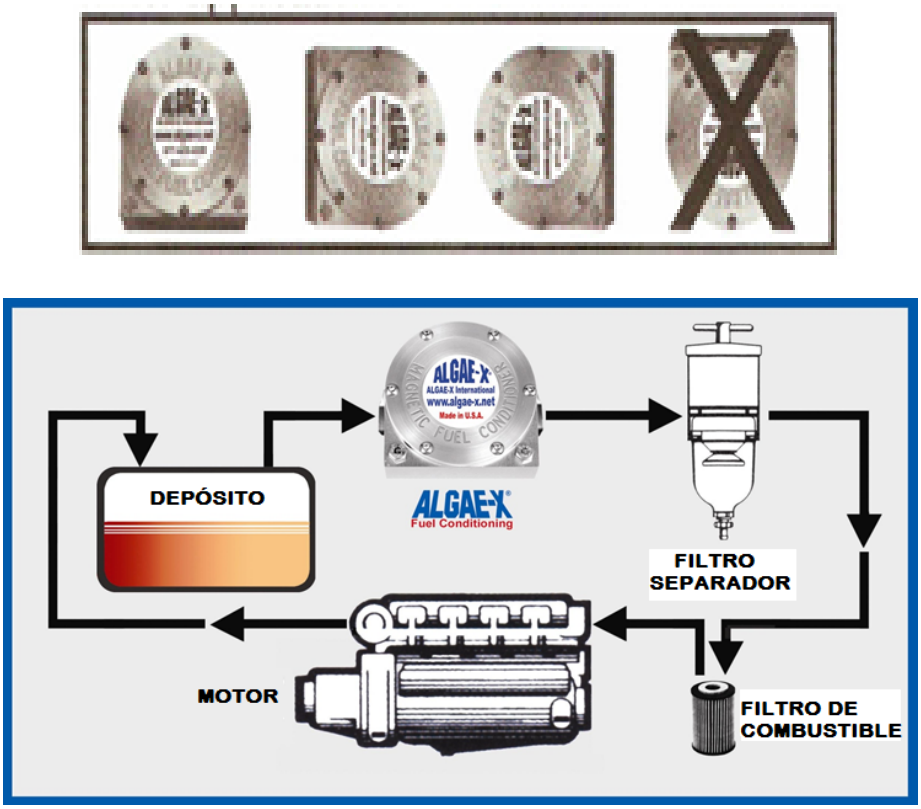


Figura 2.14 – Instalación Algae-x
Fuente: Manuales Inverneg

2.2.4 Operación

El combustible viaja en una trayectoria circular a través del puerto de entrada del Algae-x alrededor de la cámara de tratamiento hacia el puerto de salida. El combustible que sale de la unidad ha sido descontaminado con eficacia.

El combustible tratado se envía hasta el filtro y el motor, el exceso de diésel regresa de vuelta al tanque de combustible a través de la línea de retorno.

El acondicionador rompe las uniones moleculares del combustible diésel (clúster), mediante la inducción magnética, obteniendo así una descomposición molecular, reduciendo el tamaño de las mismas y permitiendo una mejor combustión.

Capítulo III

Análisis, Pruebas y Resultados

La Universidad Internacional del Ecuador con la colaboración de la empresa Inverneg S.A. realizó una evaluación del desempeño del acondicionador de diésel ALGAE-X, con los siguientes parámetros: porcentaje de opacidad bajo ciertas revoluciones por minuto (rpm) del motor y de consumo de combustible, bajo un ciclo de conducción determinado en la ciudad de Quito, tanto en ciudad y en carretera, de un vehículo tipo CAMIÓN marca QMC modelo CRONOS año 2008, el vehículo fue proporcionado por el Ing. Luis Gonzales.

El objetivo de estas pruebas fue el de promover la investigación de tecnologías alternativas que contribuyan al mantenimiento del diésel y así lograr la reducir las emisiones de gases contaminantes originadas por las fuentes móviles, alargar los mantenimientos, disminuir el consumo de combustible y así mejorar la calidad del aire del país.

Figura 3.1 – Camión Cronos
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

3.1 Datos del Vehículo

Tabla 3.1 - Ficha Técnica

MARCA	QMC
MODELO	CRONOS
AÑO FABRICACION	2008
CILINDRAJE	3298cc
KILOMETRAJE INICIAL	69026 KM
POTENCIA MÁXIMA	94 HP A 3200 RPM
TORQUE MÁXIMO	245 NM A 2200 RPM
DIÁMETRO CARRERA	100 X 105 mm
MANUAL	5 velocidades y reversa
TRACCIÓN	4X2
CAPACIDAD DE CARGA	2500 kg
CAPACIDAD DE TANQUE	70 litros o 18,5 galones aproximadamente
MOTOR	Diésel 4 cilindros, inyección directa con turbo
COMBUSTIBLE	Diésel

Fuente: www.garner.com.ec

3.2 Mantenimiento Inicial y Toma de Muestras

El mantenimiento inicial fue realizado por el departamento técnico del laboratorio de TURBODIESEL, ellos estuvieron encargados de la toma de muestras iniciales de opacidad y análisis del estado, presiones y regulaciones de inyectores, bomba y compresión del motor.

El automotor ingresa al primer mantenimiento a los 69026 km de recorrido, además se debe tomar en cuenta que el camión es usado en trabajos extremos diarios de carga y transporte de materiales que son utilizados en obras civiles que se realizan en la provincia de Pichincha.

El informe inicial del laboratorio de TURBODIESEL arrojó los siguientes datos iniciales:

- **Presión de apertura de inyectores:**

Figura 3.2 – Elementos – Inyectores
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

- Inyector 1: 218 bares
- Inyector 2: 210 bares
- Inyector 3: 212 bares
- Inyector 4: 215 bares

Nota:

Inyectores presentan corrosión por presencia de agua en el combustible.

Luego de la calibración y prueba de estanqueidad (asegura la ausencia de fugas en cualquier sistema) realizada a los inyectores se logra equilibrar la presión de inyección en 220 bares para los cuatro inyectores.

Figura 3.3 – Manómetro de Presión
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Entregas de la bomba:

La bomba presenta un desgaste y una descalibración en cuanto a entregas de combustible en altas y bajas revoluciones, así como también con y sin turbo de alimentación.

Luego de la calibración en el banco de pruebas se obtienen los siguientes datos:

Tabla 3.2 – Datos Bomba

CONDICIONES	RPM	ENTREGAS EN cc
Sin turbo	500	40cc
Con turbo	1000	60cc
Arranque	100	100cc
Ralentí	300	20cc

Fuente: Laboratorio Turbodiésel

Figura 3.4 – Bomba Lineal
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Prueba compresión motor:

Figura 3.5 – Medida de compresión
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

1. Cilindro: 18 bar
2. Cilindro: 17 bar
3. Cilindro: 19 bar
4. Cilindro: 16 bar

En promedio seria 17,5 bares, que está dentro del parámetro normal de un motor diésel de estas características y con ese kilometraje.

Prueba de opacidad:

Esta prueba fue realizada con el equipo de turbodiésel antes del mantenimiento, dando como resultado 66% de opacidad en promedio, dicho valor está fuera de los rangos aceptables por la normativa del Corpaire (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) que exige 40% de opacidad como valor máximo en dichos automotores; por lo tanto esta prueba fue fallida.

Figura 3.6 – Medición Opacidad
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

3.3 Equipo de Evaluación

La Universidad Internacional del Ecuador cuenta con un analizador de emisiones para motores diésel (opacímetro); así como también un dinamómetro donde se realizan pruebas de potencia del motor.

El consumo de combustible se determina mediante el cálculo que se realizó en base al recorrido en kilómetros, medido por el odómetro del automotor y la cantidad de galones de diésel que se usó para recorrer cierta distancia.

3.4 Información General de la Ciudad

Tabla 3.3- Información ciudad de Quito

DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	
Provincia:	Pichincha
Altura:	entre 2500 y 3200 m.s.n.m.
Población:	2’239.191 habitantes
Humedad relativa:	67% a 80%
Temperatura ambiente:	9 °C a 29 °C
Presión atmosférica:	70 kPa

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Quito

3.5 Rutas en las que se realizó las Pruebas

En Quito se realizó la evaluación del automotor, estableciendo como ciclo de prueba las rutas en ciudad y en carretera, definidas previamente para obtener las emisiones y

consumo de diésel bajo condiciones reales de conducción (tráfico y topografía) en ambas rutas.

Se consideró dos rutas:

- **RUTA 1:** Las realizadas en la ciudad

En la RUTA 1, la distancia real recorrida fue de 167,47 km en promedio, en un tiempo aproximado de 5 horas con 30 minutos y comprendió los siguientes lugares: Guajaló - Ciudadela Recreo - Av. Maldonado - Villaflora - Av. Napo - El Trébol - La Vicentina - Av. Colón - Av. América - Av. La Prensa - El Condado - Carcelén.

Figura 3.7 – Ruta 1
Fuente: https://maps.google.com.ec

- **RUTA 2:** Las realizadas en carretera

En la RUTA 2, la distancia real recorrida fue de 151,5 km en promedio, en un tiempo aproximado de 4 horas con 50 minutos y comprendió los siguientes lugares: Guayllabamba- Panamericana Norte - Av. Simón Bolívar - Cumbayá - Pifo - San Rafael - Amaguaña - Tambillo.

Figura 3.8 – Ruta 2
Fuente: https://maps.google.com.ec

3.6 Desarrollo de las Pruebas

El combustible que se usó para las diferentes pruebas se obtuvo de las tres regiones del Ecuador (Costa, Sierra y Oriente). Además se separaron los datos en RUTA 1 y RUTA 2 debido a que el comportamiento de un vehículo es diferente en cada recorrido.

3.6.1 Costa

La primera prueba de consumo y de porcentaje de opacidad se la realizó con Diésel de la región Costa (Tonsupa y Santo Domingo), en la primera etapa de dicha prueba no se usa el acondicionador Algae-X, recorriendo un total de 307,75 km; posteriormente se hace la segunda etapa de la prueba con el acondicionador, recorriendo un total de 324 km con una cantidad de 10 galones de combustible en los dos casos y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3.4- Resultado – Costa

CONSUMO					
Tipo de medición	Fecha medición	Ruta 1		Ruta 2	
		Total Km	Km/galón	Total Km	Km/galón
Sin dispositivo	08-Agosto-2013	307,75	30,775	329,55	32,955
Con dispositivo	15-Agosto-2013	324,00	32,4	351,26	35,126

OPACIDAD		
RPM	Sin dispositivo	Con dispositivo
3000	38 %	30 %
4500	44 %	40 %

AHORRO RUTA 1				
Variable	Kilómetros	Galones	Litros	Dólares
Con Algae-X	500	15,43	58,63	$ 15,89
Sin Algae-X	500	16,24	61,71	$ 16,72
	AHORRO:	0,81	3,08	$ 0,83

AHORRO RUTA 2				
Variable	Kilómetros	Galones	Litros	Dólares
Con Algae-X	500	14,23	54,07	$ 14,65
Sin Algae-X	500	15,17	57,65	$ 15,63
	AHORRO:	0,94	3,58	$ 0,98

Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Nota:

Según el testimonio del señor Galo Ruiz chofer de ExploTours, un bus de transporte al día recorre un aproximado de 500 km, es por eso que tomamos como dato el recorrido y podemos decir que: si en un día recorre 500 km, en un año recorrerá 120000 km obteniendo un ahorro de 348 dólares por unidad de un total de 25 unidades.

Figura 3.9 – ExploTours
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

3.6.2 Sierra

La segunda prueba se la realizó con Diésel de la región Sierra (Ambato y Quito), de igual forma se consideró el consumo y el porcentaje de opacidad como variables a evaluar, en la primera etapa de dicha prueba no se usa el acondicionador Algae-X, recorriendo un total de 300,66 km; posteriormente se hace la segunda etapa de la prueba con el acondicionador, recorriendo un total de 326,28 km con una cantidad de 10 galones de combustible en los dos casos y se obtienen los siguientes resultado.

Tabla 3.5- Resultado – Sierra

CONSUMO					
Tipo de medición	Fecha medición	Ruta 1		Ruta 2	
		Total Km	Km/galón	Total Km	Km/galón
Sin dispositivo	01-Agosto-2013	300,66	30,066	321,96	32,196
Con dispositivo	25-Julio-2013	326,28	32,628	353,73	35,373

OPACIDAD		
RPM	Sin dispositivo	Con dispositivo
3000	39 %	30 %
4500	45 %	34 %

AHORRO RUTA 1				
Variable	Kilómetros	Galones	Litros	Dólares
Con Algae-X	500	15,32	58,22	$ 15,77
Sin Algae-X	500	16,63	63,19	$ 17,13
	AHORRO:	1,31	4,97	$ 1,36

AHORRO RUTA 2				
Variable	Kilómetros	Galones	Litros	Dólares
Con Algae-X	500	14,13	53,69	$ 14,55
Sin Algae-X	500	15,53	59,01	$16,00
	AHORRO:	1,40	5,32	$ 1,45

Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

3.6.3 Oriente

La prueba final se la realizó con Diésel de la región del Oriente (Tena y Baeza), en esta prueba se comparó de igual forma el valor de consumo y el porcentaje de opacidad; en la primera etapa no se usa el acondicionador Algae-X, recorriendo un total de 304,2 km; posteriormente se hace la segunda etapa de la prueba con el acondicionador, recorriendo un total de 325,1 km con una cantidad de 10 galones de combustible en los dos casos y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3.6- Resultado – Oriente

CONSUMO					
Tipo de medición	Fecha medición	Ruta 1		Ruta 2	
		Total Km	Km/galón	Total Km	Km/galón
Sin dispositivo	29-Agosto-2013	304,2	30,42	325,75	32,575
Con dispositivo	23-Agosto-2013	325,1	32,51	352,50	35,250

OPACIDAD		
RPM	Sin dispositivo	Con dispositivo
3000	46 %	29 %
4500	66 %	40 %

AHORRO RUTA 1				
Variable	Kilómetros	Galones	Litros	Dólares
Con Algae-X	500	15,38	58,44	$ 15,84
Sin Algae-X	500	16,43	62,43	$ 16,92
	AHORRO:	1,05	3,99	$ 1,08

AHORRO RUTA 2				
Variable	Kilómetros	Galones	Litros	Dólares
Con Algae-X	500	14,18	53,88	$ 14,60
Sin Algae-X	500	15,35	58,33	$ 15,81
	AHORRO:	1,17	4,45	$ 1,21

Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

3.6.4 Cuadros Comparativos

A continuación se analizará tres variables importantes que son:

- **Consumo de Combustible:**

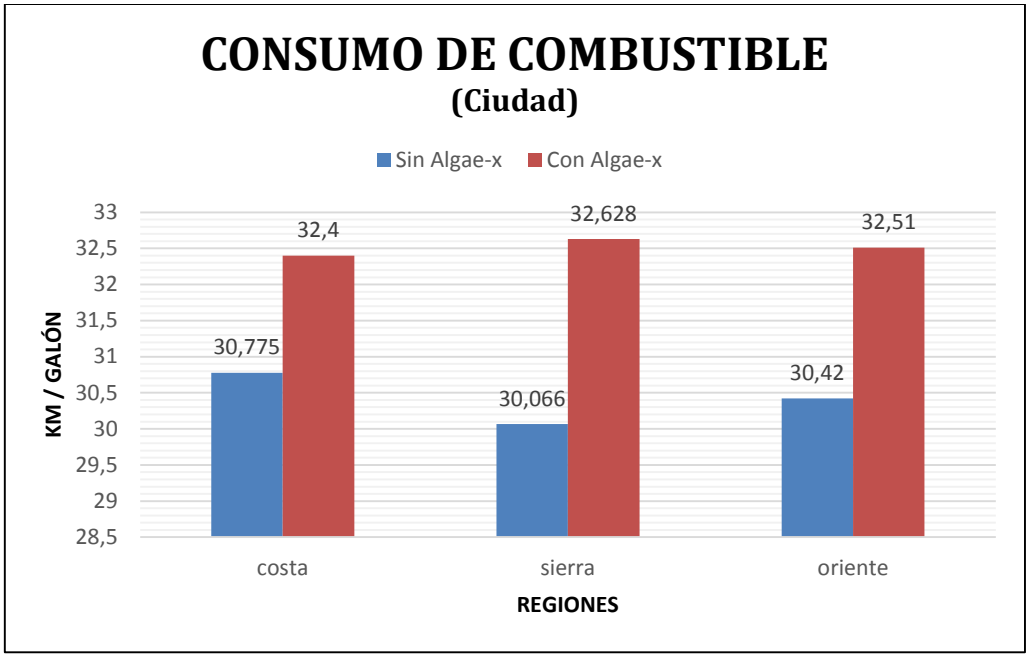


Figura 3.10 – Consumo en Ciudad
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Tabulación de datos:

En el eje de las abscisas (X) tenemos las Regiones donde se tomó las muestras del combustible, esto es costa, sierra y oriente. En el eje de la ordenadas (Y) tenemos el número de kilómetros que recorremos por galón.

Es importante mencionar que esta prueba se realizó en la ciudad de Quito (RUTA 1), en similares condiciones de temperatura, humedad, presión y a 2800 metros de altura aproximadamente.

Si nos fijamos en los resultados que se obtuvo del estudio nos damos cuenta que al utilizar el dispositivo Algae-X rinde alrededor de 2 kilómetros más por galón.

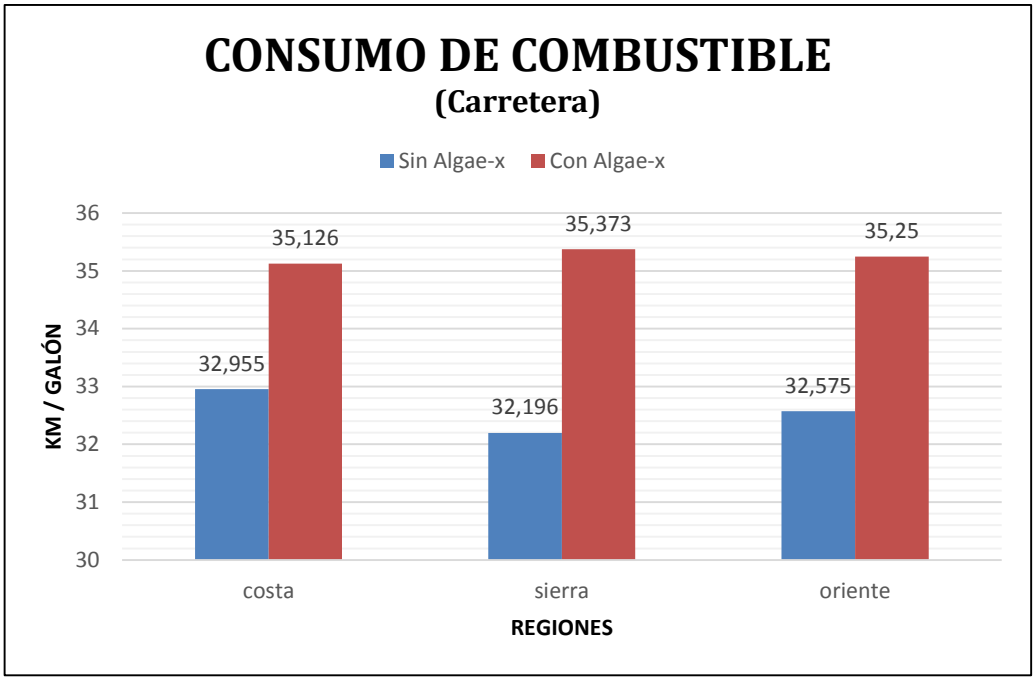


Figura 3.11 – Consumo en Carretera
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Tabulación de datos:

En el eje de las abscisas (X) tenemos las Regiones donde se tomó las muestras del combustible, esto es costa, sierra y oriente. En el eje de la ordenadas (Y) tenemos el número de kilómetros que recorremos por galón.

Es importante mencionar que esta prueba se realizó en la periferia de la ciudad de Quito (RUTA 2), en similares condiciones de temperatura, humedad, presión y a 2800 metros de altura aproximadamente.

Si nos fijamos en los resultados que se obtuvo del estudio nos damos cuenta que al utilizar el dispositivo Algae-X rinde alrededor de 3 kilómetros más por galón.

- **Porcentaje de Opacidad:**

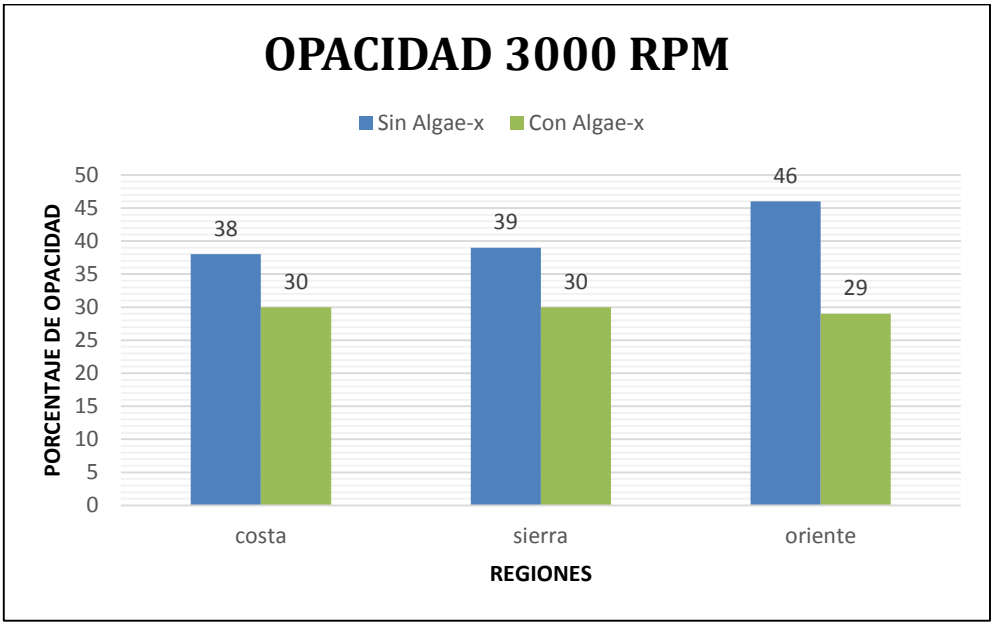


Figura 3.12 – Opacidad a 3000 RPM
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Tabulación de datos:

En el eje de las abscisas (X) tenemos las Regiones donde se tomó las muestras del combustible, esto es costa, sierra y oriente. En el eje de la ordenadas (Y) tenemos el porcentaje de opacidad.

Es importante mencionar que esta prueba se realizó en la ciudad de Quito, en similares condiciones de temperatura, humedad, presión, a 2800 metros de altura aproximadamente y el motor en un régimen de 3000 RPM.

Si nos fijamos en los resultados que se obtuvo del estudio nos damos cuenta que al utilizar el dispositivo Algae-X el porcentaje de opacidad de reduce notablemente dependiendo del tipo de combustible usado.

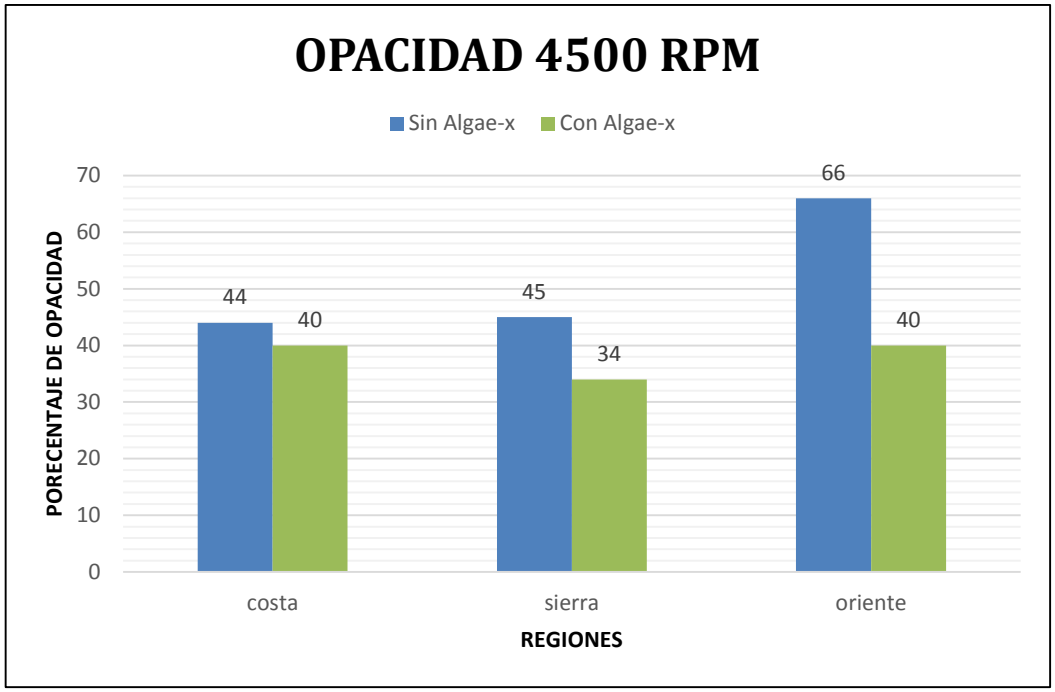


Figura 3.13 – Opacidad a 4500 RPM
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Tabulación de datos:

En el eje de las abscisas (X) tenemos las Regiones donde se tomó las muestras del combustible, esto es costa, sierra y oriente. En el eje de la ordenadas (Y) tenemos el porcentaje de opacidad.

Es importante mencionar que esta prueba se realizó en la ciudad de Quito, en similares condiciones de temperatura, humedad, presión, a 2800 metros de altura aproximadamente y el motor en un régimen de 4500 RPM.

Si nos fijamos en los resultados que se obtuvo del estudio nos damos cuenta que al utilizar el dispositivo Algae-X el porcentaje de opacidad de reduce notablemente dependiendo del tipo de combustible usado.

- **Costos de Combustible:**

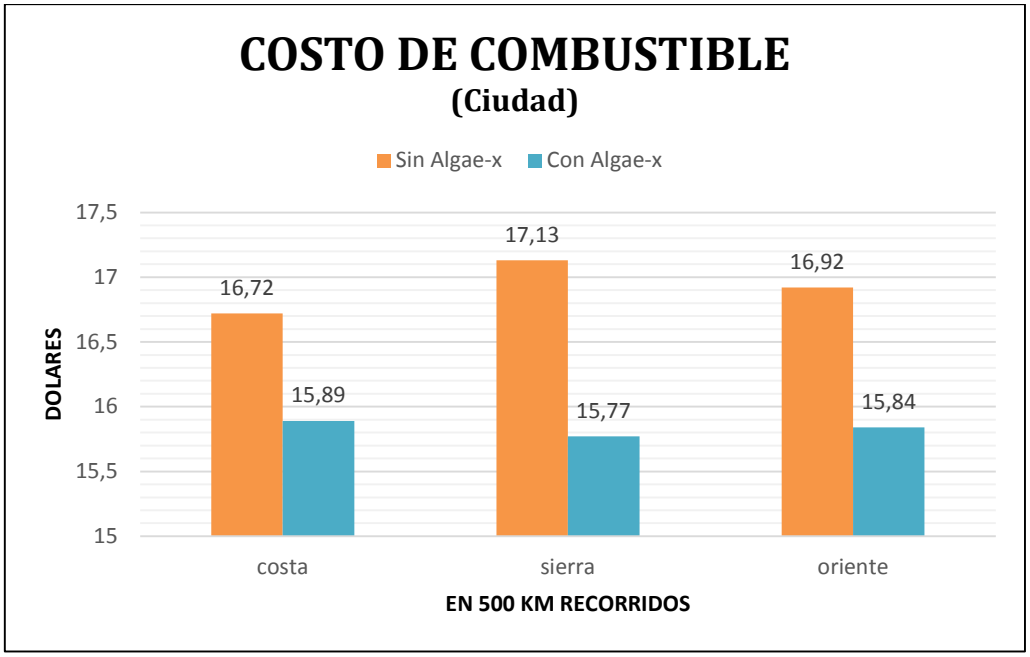


Figura 3.14 – Costo de Combustible (ciudad)
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Tabulación de datos:

En el eje de las abscisas (X) tenemos las Regiones donde se tomó las muestras del combustible, esto es costa, sierra y oriente. En el eje de la ordenadas (Y) tenemos el costo del combustible en dólares en 500 kilómetros recorridos.

Es importante mencionar que esta prueba se realizó en la ciudad de Quito (RUTA 1), en similares condiciones de temperatura, humedad, presión y a 2800 metros de altura aproximadamente.

Si nos fijamos en los resultados que se obtuvo del estudio nos damos cuenta que al utilizar el dispositivo Algae-X se ahorra $ 1,10 en promedio por cada 500 kilómetros recorridos.

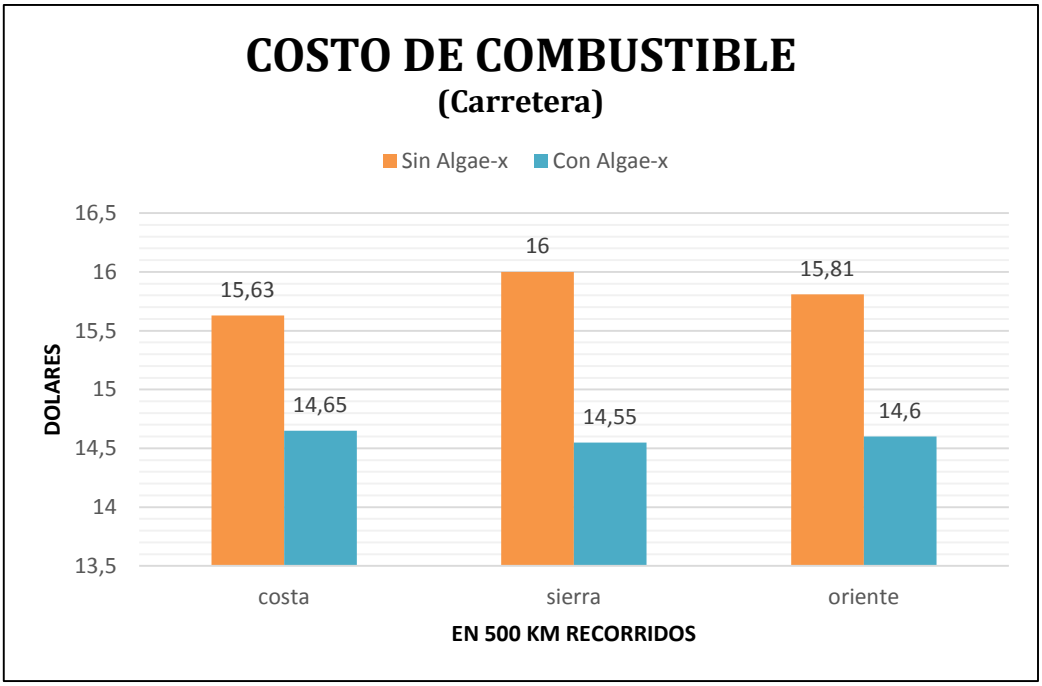


Figura 3.15 – Costo de Combustible (carretera)
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Tabulación de datos:

En el eje de las abscisas (X) tenemos las Regiones donde se tomó las muestras del combustible, esto es costa, sierra y oriente. En el eje de la ordenadas (Y) tenemos el costo del combustible en dólares en 500 kilómetros recorridos.

Es importante mencionar que esta prueba se realizó en la periferia de la ciudad de Quito (RUTA 2), en similares condiciones de temperatura, humedad, presión y a 2800 metros de altura aproximadamente.

Si nos fijamos en los resultados que se obtuvo del estudio nos damos cuenta que al utilizar el dispositivo Algae-X se ahorra $ 1,21 en promedio por cada 500 kilómetros recorridos.

3.6.5 Mantenimiento y resultados finales

El automotor QMC CRONOS ingresa al mantenimiento a los 71235km de recorrido, luego de haber caminado más de 2200 km en los que se le aplicado varias pruebas de campo, como son el funcionamiento del mismo con y sin el dispositivo ALGAEX y con diferentes combustibles de las regiones del Ecuador, obteniéndose los siguientes datos técnicos:

1. Presión de apertura de inyectores:

220 bares en los 4 inyectores

2. Entregas de la bomba:

Tabla 3.7- Datos Bomba

CONDICIONES	RPM	ENTREGAS EN cc
Sin turbo	500	40cc
Con turbo	1000	60cc
Arranque	100	100cc
Ralentí	300	20cc

Fuente: Laboratorio Turbodiésel

El dispositivo ALGAEX si arrojo buenos resultados en cuanto a alargue de mantenimientos ya que luego de haber recorrido más de 2200 km , y sometiéndole a un sin número de pruebas de campo en cuanto a consumo y contaminación con diferentes

combustibles del Ecuador los valores con los que se configuro los elementos en la primera visita siguen intactos en la última visita, con el único detalle casi imperceptible de un inyector presentaba una tendencia de una tobera a pegarse por lo demás los elementos conservan los datos iniciales y eso es un indicio del eficiente desempeño del acondicionador de combustible Diésel ALGAEX.

3.6.6 Prueba de recirculación

La prueba de recirculación se realizó con el combustible de la Sierra (Ambato y Quito), dicha prueba consiste en montar el dispositivo Algae-x en la línea de combustible del banco de pruebas en la que se encuentra previamente instalada la bomba y los inyectores para que simule un trabajo real como en el motor; recirculando así tres galones de diésel de la región Sierra, por un determinado tiempo (30 minutos). Luego se tomó muestras para enviar a analizar en un laboratorio de Estados Unidos, llamado “AlsTribology”.

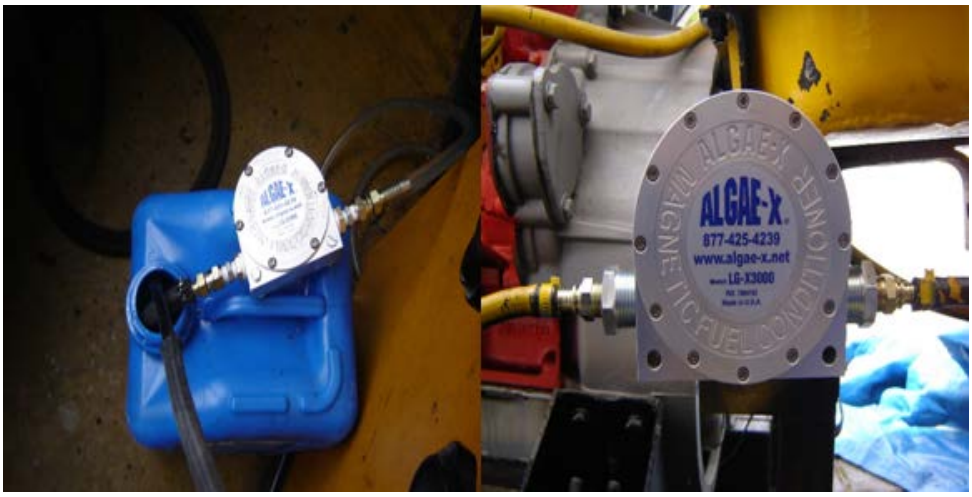


Figura 3.16 – Recirculación
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Figura 3.17 – Muestras de Laboratorio
Fuente: Gabriel Bastidas, Jimmy Bolaños

Después del análisis respectivo de cada una de las muestras enviadas al laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados positivos, demostrando así el trabajo eficiente de Algae-X en el diésel tanto en sus propiedades físicas y químicas.

Tabla 3.8 - Análisis Combustible Sierra

SIERRA				
MÉTODO DE PRUEBA	Con Algae-x		Sin Algae-x	
	Resultado:	Unidad:	Resultado:	Unidad:
Punto de ebullición inicial	365	° F	370	° F
10% recuperado	415	° F	420	° F
50% recuperado	525	° F	530	° F
90% recuperado	645	° F	640	° F
Punto final	685	° F	690	° F
% recuperado	98,0	Volumen %	98,0	Volumen %
Viscosidad a 40 °C	2,9	cSt	2,9	cSt
Gravedad API a 60 °F	38,3	° API	37,3	° API
Calculó el índice de cetano	51,4	CCI	49,4	CCI

Fuente: Laboratorio “AlsTribology”.

3.6.6 Prueba de Potencia (Dinamómetro)

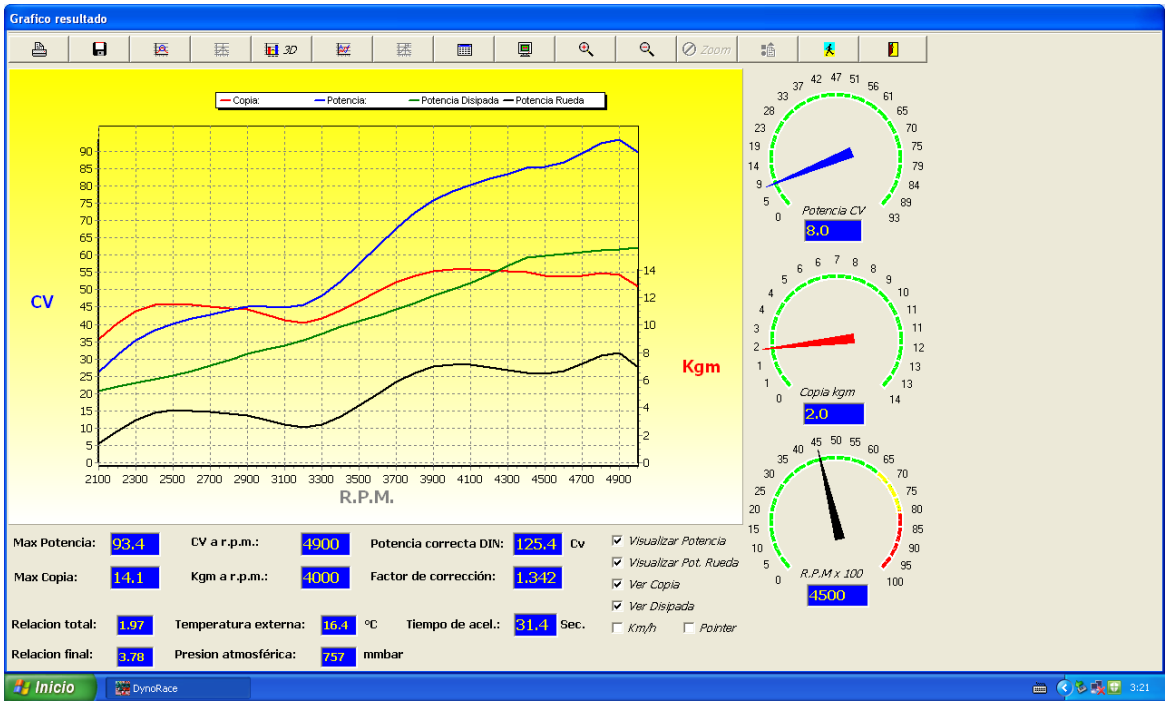


Figura 3.18 – Prueba Dinamómetro sin Algae-x
Fuente: Dinamómetro UIDE

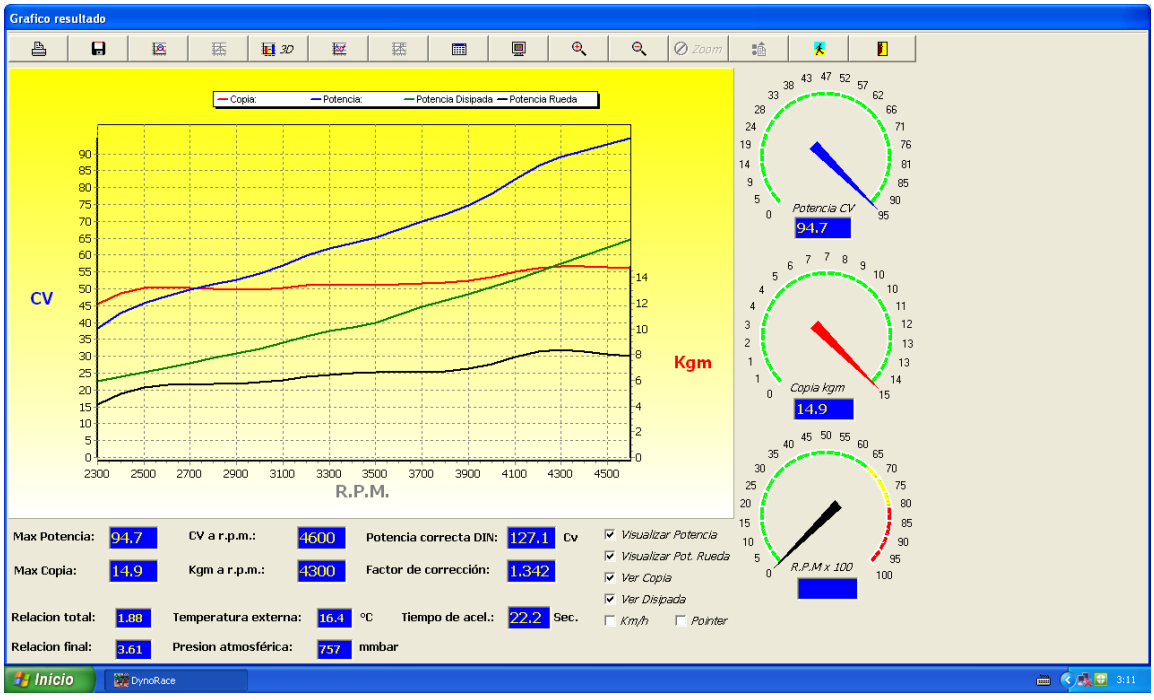


Figura 3.19 – Prueba Dinamómetro con Algae-x
Fuente: Dinamómetro UIDE

Tabulación de datos:

La prueba de potencia (dinamómetro) se la realizó en la Universidad Internacional obteniéndose los siguientes resultados:

En la figura 3.18 se tiene el resultado de la prueba del dinamómetro sin Algae-x, mientras que en la figura 3.19 se obseva el resultado de la misma prueba con Algae-x.

Si se compara las figuras se concluye que realizando la prueba en el dinamómetro sin Algae-x se necesita llegar a un régimen de 4900 RPM con un tiempo de aceleración de 31,45 segundos, obteniéndose una potencia máxima de 93.4 cv.

En cambio al realizar la misma prueba pero con Algae-x se obtiene una potencia máxima de 94,7 cv a 4600 RPM y con un tiempo de aceleración de 22,25 segundos.

Si se analiza los resultados al utilizar el dispositivo Algae-x se reduce el tiempo de aceleración con un régimen menor de revoluciones e incrementa la potencia máxima en 1,3 cv que equivale a 1,28 Hp (1,37%).

Capítulo IV

Mejorando el Combustible

En un artículo el Ing. Jorge González explica: “La tendencia automotriz actual exige que el motor de compresión moderno sea de alta potencia, de bajo consumo en combustible, de menor tamaño, de alta confiabilidad mecánica y libre de emisiones tóxicas. Todo esto es posible si se logra una combustión eficiente del diésel. Es por esto que la industria automotriz tiene que cumplir con normas cada vez más exigentes sobre el nivel de emisiones contaminantes que los motores a diésel generan. Para esto, tanto las normas Euro de la Unión Europea y la EPA que es la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, están destinadas a limitar las emisiones de gases contaminantes producidos por los motores a diésel.”

La calidad del combustible puede afectar de forma significativa al rendimiento y mantenimiento de cualquier motor, es por eso que la empresa AXI optimiza la calidad del diésel basándose en tres variables fundamentales:

Figura 4.1 – Variables de mejoramiento
Fuente: Manuales Algae-x

4.1 Limpieza de Tanques

La máquina móvil de lavado de tanques, es un equipo que en tres etapas reacondiciona, estabiliza y descontamina combustible.

Remueve eficientemente la presencia de agua, lodos, y sedimentos que se acumulan naturalmente en los tanques. Elimina las “algas” del combustible, el taponamiento de filtros y los lodos de los tanques; proveyendo un combustible de óptima calidad para un mayor rendimiento y confiabilidad del motor.

Figura 4.2 – Limpieza de tanques
Fuente: Manuales Algae-x

(1) Separadores:

Remueven hasta el 95 % de contaminantes sólidos (de hasta 10 micrones) y el 98% de agua visible, incluyendo el agua emulsificada que pueda estar en el combustible.

(2) Unidad Algae-X:

Generalmente unidades condicionadorasLG-X1500 y LG-X3000.

(3) Bomba de transferencia:

Son bombas para transferencia de combustible diésel, auto-cebantes, de alta capacidad, extremadamente compactas y con una muy buena capacidad de succión.

(4) Filtro de partículas finas:

Este es un filtro especial para retener partículas muy finas del orden de 25 micras hasta 3 micras. Un combustible que es filtrado con estos rangos, es un combustible que llega puro y limpio al sistema de inyección.

Funcionamiento de la MTC:

Esta máquina tiene la característica de realizar todo el proceso en tres etapas:

Etapa 1.

El separador coalescente remueve agua y partículas que son fácilmente drenadas por la apertura de la válvula ubicada en el fondo del separador.

Etapa 2.

El acondicionador de combustible Algae-X reacondiciona y estabiliza el combustible, reversando el proceso de deterioro del combustible y la acumulación de lodos en el tanque.

Etapa 3.

El filtro bloqueador de agua de tipo industrial remueve agua emulsificada y partículas muy finas hasta de 3 micras.

El sistema está diseñado como un sistema de diálisis de combustible que recircula y limpia el combustible bombeándolo desde el tanque, procesándolo a través de la MTC y retornándolo al tanque.

Como condición tenemos que no se debe trabajar con fluidos que tengan un punto de inflamación por debajo de los 100°F (37,7°C) como la gasolina o el alcohol. Se recomienda que la cabeza de succión no supere los 10 m de altura

4.2 Catalizador de Combustible

El catalizador proporciona una calidad superior de combustible, aumenta el tiempo de operación y reduce los costos de mantenimiento y operación.

El catalizador de combustible de Algae-x es un poderoso aditivo completo y agente de limpieza de tanques. Proporciona una calidad superior de combustible para motores y

tanques de almacenamiento, reduce el costo de funcionamiento, mantenimiento y tiempo muerto. La formulación única de los catalizadores elimina la acumulación de lodos, mejora la combustión y reduce las emisiones nocivas.

El catalizador de combustible es un concentrado que limpia los sistemas de combustible fuertemente contaminados y tanques de almacenamiento. Disuelve los lodos de fosas, estabiliza el combustible, restaura la calidad de los combustibles, y preserva la integridad del diésel almacenado hasta 12 meses.

Figura 4.3 – Catalizador
Fuente: Manuales Algae-x

El catalizador único de AFC elimina y previene la formación de depósitos de carbono, mejora la combustión y reduce las emisiones contaminantes. Proporciona una calidad

superior de combustible, aumenta el tiempo de operación y reduce los costos de mantenimiento y operación.

- Limpia el combustible, los tanques de almacenamiento y los sistemas de inyección.
- Mejora la combustión, reduce las emisiones y el consumo de combustible
- Elimina y previene la formación de carbono y de corrosión
- Añade lubricación y prolonga la vida del aceite de lubricación y del equipo
- Optimiza la eficiencia de motores, de generadores y de calderas
- Reduce las emisiones contaminantes, hollín y partículas

4.3 Acondicionadores

Los Acondicionadores de combustible ALGAE-X estabilizan la condición de su combustible, reduciendo el tamaño y la masa de los cúmulos de moléculas de combustible.

El combustible es naturalmente inestable. Su calidad y química están en continua degradación a nivel molecular, formando grupos y compuestos orgánicos mediante el proceso natural de la aglomeración, creando lodos en los tanques y obstrucciones en los filtros.

La tecnología ALGAE-X optimiza el combustible

- Invierte el proceso de aglomeración para estabilizar el combustible
- Elimina la contaminación microbiana
- Reduce el tiempo de inactividad

- Reduce costos de mantenimiento
- Aumenta la vida útil del motor
- Aumenta la fiabilidad

El petróleo, el diésel, los biocombustibles son líquidos orgánicos inestables de hidrocarburos que se descomponen de manera natural. El resultado de los sedimentos son lodos en los tanques que tapan los filtros y corroen los sistemas de inyección.

Los Acondicionadores de combustible ALGAE-X estabilizan la condición de su combustible, reduciendo el tamaño y la masa de los cúmulos de moléculas de combustible.

En combinación con los separadores principales del filtro de agua, los acondicionadores de combustible impiden la degradación del combustible y la contaminación microbiana.

Optimizan el combustible, mantienen sus tanques limpios y protegen sus motores. ALGAE-X mejora la filtración, combustión y estabilidad del combustible

- Limpia los sistemas de inyección, filtros y tanques
- Reduce las emisiones nocivas y el consumo de combustible
- Elimina y previene los depósitos de carbón
- Reduce el mantenimiento y el tiempo de inactividad
- Incrementa la seguridad y fiabilidad
- Menores costos de operación

Figura 4.4 - Acondicionadores
Fuente: Manuales Algae-x

4.1 Descripción Acondicionadores

ALGAE-X MODELOS	LG-X200	LG-X400	LG-X1000	LG-X3000	LG-X4000
Tamaño de puerto (pulg)	1/4”	3/8”	1/2”	1”	1-1/2”
Caudal máximo (Gph)	25	90	350	800	1500
Peso (lbs)	1	2	3.5	7.5	32
HP	200	500	1500	3000	Más de 3000

Fuente: Manuales Algae-x

4.4 Filtros

Los filtros de alta capacidad son utilizados en una variedad de aplicaciones industriales primarias y secundarias.

Son importantes para la optimización y acondicionamiento de combustible. Hay dos tipos el filtro fino y cartuchos de bloque de agua:

- El filtro fino de 3, 10 o 25 micras estándar.
- El de 3 o 10 micras bloque de agua filtro fino especial, además, elimina el agua emulsionada

Figura 4.5 – Filtros
Fuente: Manuales Algae-x

Entre los tipos de filtros están disponibles en celulosa, micro-glass y elementos coalescentes.

Bloqueo del agua:

Evitan que el agua disuelta y emulsionada pase por el filtro. Polímeros absorben el agua removiéndola del combustible.

Microgass:

Fibras no orgánicas, con la capacidad de capturar y retener 400 veces más que los elementos de los filtros tradicionales, aumentando la duración del filtro hasta 5 veces más que otros.

X-Glass:

Los filtros X-Glass y “Microglass” están diseñados para retener extremas cantidades de suciedad y reducir caídas de presión de manera superior a los filtros Microglass tradicionales.

Están diseñados para sistemas que requieren una capacidad alta de retención de suciedad e intervalos más largos entre los cambios de filtro.

Coalescentes:

Los filtros Coalescentes remueven el agua suspendida en el combustible.

4.5 Separadores de Agua

El filtro separador de agua elimina el agua y las partículas en suspensión de los combustibles (diésel). La filtración garantiza la separación de agua de un 99,9% a un caudal máximo. Estos filtros están diseñados para reducir el desgaste de las bombas de combustible y garantizar por completo los RPMS para los motores diésel. Las principales características son:

- Es un sistema de alerta temprana (programable).
- Totalmente automatizado.
- Alarma de agua y vacío.

Figura 4.6 – Separadores de agua
Fuente: Manuales Algae-x

4.6 Preguntas Frecuentes

¿Qué es “alga” del combustible diésel?

Las algas son una forma de vida que se encuentra en el agua, similar a las algas que crecen en los acuarios. Sin embargo, desde hace años, la gente viene refiriéndose al lodo de los tanques y a la jalea, el limo y a otros contaminantes encontrados en los filtros de combustible, como “algas”.

La expresión “algas del diesel” es ampliamente utilizada y comprendida. Sin embargo, no existe ninguna relación entre las algas que crecen en su acuario y el barro que crece en su tanque de combustible y que aparecen en sus elementos de filtro.

¿Qué es combustible malo?

El combustible está hecho de acuerdo a ciertas especificaciones. Cuando no reúne estas especificaciones, nos podríamos referir a él como “combustible malo”. Sin embargo tendemos a referirnos al combustible como “malo” cuando encontramos síntomas como: combustible brumoso oscuro, taponamiento del filtro, formación de lodo en los tanques, pobre desempeño del motor, humo y emisiones excesivas, etc.

Nos referimos al combustible como “buen combustible” cuando éste es claro y brillante. O mejor en este caso, no se hace ninguna referencia a nuestro combustible. Simplemente lo utilizamos y damos por sentada la calidad del combustible y el desempeño máximo del motor.

¿Qué significa calidad óptima de combustible para mí?

Calidad óptima de combustible significa desempeño máximo del motor. Los motores nuevos conservarán una máxima eficiencia del motor durante mucho más tiempo utilizando combustible de buena calidad. El combustible tratado por ALGAE-X prolonga la vida tanto de los motores viejos como los nuevos.

¿Puede el combustible diésel obstruir sus filtros?

Sí, sí puede. El material que obstruye sus filtros es en realidad combustible en algún modo, estado o forma. Más del 90% de este desecho orgánico está constituido por los productos resultantes de la desintegración del combustible.

El material inorgánico como arena, polvo y otras partículas no obstruirán sus filtros. De hecho, mucha arena en un filtro de combustible actuaría como una filtración adicional.

Los poros entre las partículas de arena son mucho más grandes que los poros en un elemento de filtro de combustible. Filtros de arena se utilizan comúnmente para filtrar agua.

Un pelo mide aproximadamente 80 micrones y los elementos de filtro de combustible van de 30 micrones para un prefiltrado a 2 micrones en un filtro fino.

Conclusiones

- A lo largo del desarrollo de esta investigación hemos podido verificar que el dispositivo Algae-X, es un acondicionador de Diésel que cumple eficientemente con su objetivo.
- Algae-X, es un dispositivo magnético que hace un rompimiento de cadenas moleculares o de clúster (re polimerización), mejorando notablemente las condiciones del Diésel
- Se determinó que el almacenamiento de combustible si afecta a la eficiencia del mismo, es por eso que la calidad del Diésel varía de una región a otra (costa, sierra y oriente), siendo el de mejor calidad el de la sierra.
- En una primera instancia la medición de opacidad sin el dispositivo no cumplía con las normativas del Corpaire, con la utilización de Algae-X se logró que estas mediciones estén en los rangos permitidos, sin necesidad de realizar ninguna otra modificación en el automotor.
- Las muestras enviadas al laboratorio determinaron que con Algae-X, se logra incrementar el número cetano y disminuir el punto de ebullición del Diésel, lo que se traduce en una mejora de eficiencia del motor.
- Con el resultado de las pruebas, se concluyó, que el dispositivo Algae-x contribuye a reducir las emisiones de los gases contaminantes originados en los motores diésel, de esta manera se pretende mejorar la calidad del aire del país.
- Al realizar la prueba de potencia (dinamómetro), se concluyó que la potencia se incrementa en un 1,3 cv lo que es lo mismo 1,28 Hp; el tiempo de aceleración se redujo en 9,2 segundos, al igual que las RPM de 4900 a 4600.

Recomendaciones

- Se recomienda el uso del dispositivo magnético Algae-x en cualquier tipo de motor diésel, tomando únicamente en cuenta el caballaje del mismo para de esta manera utilizar el acondicionador de acuerdo a las características de funcionamiento.
- Para obtener un rendimiento óptimo es necesario el uso de componentes complementarios al Algae-x, esto es utilizar: filtros, separadores de agua, controladores y catalizadores, con el fin de mejorar la calidad del combustible.
- En lo que se refiere a la instalación del dispositivo, se debe tomar en cuenta todo lo que indica el manual.

Bibliografía y Referencias Web

- Manuales Inverneg.
- Parera, Albet Martí. (2011). *Inyección Electrónica En Motores Diésel*. Editorial Boixaren. España.
- Laguna, Blanca. (2009). *Tractores Y Motores Agrícolas*. Tercera Edición, Editorial Aedos.
- Manuales Infocar.
- Chilton, Limusa.(2013). *Cuidado del Automóvil.* Grupo Noriega Editores.
- www.axifuelconditioning.com
- http://rs.alstribology.com/output/219447_12200590_fvjnch552v2rsh55lbirhv55.pdf
- http://rs.alstribology.com/output/219447_12200594_bmra5vbqscf2334505uv0zi5.pdf

Glosario de Términos:

- ✓ **Re-polimerización:** es la re-organización de la distribución atómica de la molécula, manteniendo siempre el modelo atómico de la molécula base.
- ✓ **GLP:** Gas licuado de petróleo.
- ✓ **Biocombutible:** Es un combustible de origen biológico, obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos, estos restos proceden habitualmente de la azúcar, trigo, maíz y semillas oleaginosas.
- ✓ **Opacidad:** Falta de transparencia para dejar pasar la luz.
- ✓ **EGR:** Válvula de recirculación de gases de escape.
- ✓ **Algae-X:** Acondicionador de combustible.
- ✓ **Odómetro:** Instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un vehículo.
- ✓ **Limo:** Barro arcilloso fino que se deposita en el fondo de las aguas.
- ✓ **Cluster:** Cadena de moléculas.
- ✓ **Corpaire:** Corporación para el mejoramiento del aire de Quito.
- ✓ **Opacímetro:** Es un módulo de medida de opacidad para control de gases emitidos por vehículos con motor diésel.

Anexos

A1 Acuerdos

A1.1 Acuerdo INVERNEG – UIDE

ACUERDO MARCO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL PARA LA INVESTIGACION SOBRE EL DESEMPEÑO DE ACONDICIONADORES DE COMBUSTIBLES EN VEHICULOS DIESEL EN EL ECUADOR.

En la ciudad de Quito Distrito Metropolitano a los 17 días del mes de abril del año 2013, interviene a la celebración de este acuerdo marco de cooperación para la INVESTIGACION SOBRE EL DESEMPEÑO DE ACONDICIONADORES DE COMBUSTIBLE EN VEHICULOS DIESEL, por una parte el Señor Diego Johnson, en calidad de Gerente de INVERNEG S.A; y por otra parte el Señor Ingeniero Andrés Castillo, en calidad de Director Académico de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, acreditando sus calidades con las que concurren a la celebración del presente acuerdo de cooperación, siguiendo el tenor de las siguientes cláusulas:

PRIMERA.- ANTECEDENTES.

El proceso de formación integral de nuevos profesionales, requiere direccionar y fomentar el conocimiento y uso de aplicaciones técnicas para nuestro medio, buscando el apoyo desde el interés de la empresa privada, en la investigación y las necesidades de un mercado objetivo e importante, como el sector automotriz.- El alto nivel y calidad académica que goza la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, aporta a formar profesionales con nueva visión, unidos a los conceptos de desarrollo de investigación y fomento del conocimiento técnico aplicado.- La introducción de nuevas tecnologías y productos de punta para el sector motor, es parte de la visión que INVERNEG S.A tiene desde hace 30 años, aportando con el manejo de insumos de alta calidad y de última tecnología, para permitirle al Ecuador gozar, de nuevas aplicaciones en áreas de partes y piezas de remplazo, observando innovación y desarrollo de punta en la representación de marcas internacionales a nivel del mercado nacional.-

SEGUNDO.- OBJETIVO.

La investigación técnica que requiere el uso de nuevas tecnologías aplicables a nuestro medio, permite estructurar el auspicio y apoyo en la investigación y aplicaciones de componentes de inducción magnética o acondicionadores de combustible, en el sector automotriz ecuatoriano, por parte de INVERNEG S.A, a un equipo de futuros profesionales de la Universidad Internacional del Ecuador.- Este acuerdo de cooperación está dirigido a proporcionar, el equipo, la información y los componentes necesarios para el conocimiento, aplicación y pruebas de eficiencia, de la inducción magnética, como una herramienta científica para evitar la re polimerización que puede sufrir el diésel, con los agentes propios de un hidrocarburo de alto desempeño, bajo condiciones de almacenamiento, degradación y exposición de condiciones severas como combustible de motores.-

Para el cumplimiento del objetivo de este acuerdo de cooperación y auspicio a la investigación como trabajo final y tesis de grado, la Universidad ha designado a los alumnos: Señores Gabriel Bastidas y Jimmy Bolaños, para establecer el plan de investigación, desarrollo de fases experimentales en la investigación aplicada a los beneficios ambientales y el desempeño eficiente de equipos y maquinaria en el Ecuador.-

TERCERA.- PARTICIPACION Y APORTES.

La participación y aportaciones para el cumplimiento del presente acuerdo marco de cooperación en la investigación sobre el desempeño de acondicionadores de combustible, se define de la siguiente manera para cada una de los participantes:

Le corresponde a INVERNEG S.A:

a) Entrega a la Universidad, toda la bibliografía originada por la compañía ALGAE-X, en los formatos que corresponda, pudiendo ser tanto impresos como electrónicos. La bibliografía constara de datos técnicos y de seguridad, como fichas de uso y funcionamiento.

b) Entrega a la Universidad de un componente ALGAE-X modelo LG X 3000, y un LG X 500, con aplicaciones de caudal y rango de presión y potencia distintos, componentes fundamentales del proceso de investigaciónde acondicionamiento de combustibles.

c) Designar a un funcionario del Departamento Técnico, para el acompañamiento y guía en el proceso de manejo, y referencias de los equipos y manejo de contactos con la fuente en EEUU para el estudio de muestras en laboratorio; y,

d) La creación de un fondo, de DOSCIENTOS DOLARES AMERICANOS ($ 200,00) para gastos en insumos del proceso de investigación, originados en órdenes de compra de combustibles y aditivos, facturas o proformas.

Le corresponde a la Universidad:

a) La habilitación y uso; para el cumplimiento del objeto de este acuerdo de cooperación, de bancos de pruebas, equipos de medición, herramientas especializadas, y otros equipos para desarrollo y aplicaciones en sistemas diésel,

b) La designación de un área física de monitoreo, para el acopio de muestras de combustible y pruebas estacionarias, base para el proceso de investigación de campo del proyecto,

c) La designación de un responsable de área Académica, que acompañe el seguimiento de la investigación en conjunto con los estudiantes designados y el personal de INVERNEG S.A,

d) Otorgar las facilidades y los mecanismos para el acceso a los resultados preliminares en cada una de las fases de la investigación, sea en formato escrito o electrónico a los participantes de este acuerdo de cooperación; y

e) Acceder al resultado final de la investigación, las conclusiones y sugerencias que el documento final o tesis de grado recoja sobre el desempeño y funcionamiento de los sistemas acondicionadores de combustible.

CUARTO.- CRONOGRAMA.

El establecimiento de un cronograma de trabajo para la investigación recogida en este acuerdo de cooperación, deberá considerar los elementos exigidos por la Universidad para las investigaciones finales o tesis de graduación, indistintamente de ajustar dicho cronograma a la evaluación de los primeros resultados que origine el proceso de investigación de campo y laevaluación de dichos resultados.

La revisión y ajuste del cronograma deberá estar a cargo del tutor o responsable Académico designado por la Universidad, así como del personal técnico de INVERNEG S.A, para efectos de optimizar recursos, tiempos de respuesta y avance de la investigación. El cronograma y plan de tesis, se consideran parte integral de este acuerdo de cooperación.

Todos los elementos que no estén recogidos en este acuerdo, deberán ser considerados como ademdum al cuerpo íntegro y al espíritu de la cooperación y auspicio de la investigación, de forma escrita y avalada por los responsables de las dos instituciones.

Sin el otorgamiento de esas formalidades, ninguna decisión podrá ser avalada ni por la Universidad, ni por INVERNEG S.A para efectos de responsabilidades posteriores, durante el cumplimiento de este acuerdo de cooperación, o posterior al mismo.

La fecha de finalización de este acuerdo de cooperación, se entera sobreviene al momento de recoger la investigación en la tesis o trabajo final de los estudiantes designados.

QUINTA.- DE LA PROPIEDAD Y DONACION DE EQUIPOS.

Todos los elementos requeridos para la presente investigación, y que están recogidos en la Cláusula Tercera, entregados a la Universidad, será de propiedad exclusiva de dicha institución a manera de donación, una vez suscrita el acta de entrega recepción y descargo de inventario de INVERNEG S.A.pues consideramos que el valor de la investigación a desarrollar, demanda el permanente análisis en el futuro de más trabajos similares, de los sistemas de acondicionamiento, sus prestaciones y el mejoramiento en el desempeño de combustibles en nuestro país, normas ambientales y comportamiento de equipos.

SEXTA.- DE LA CONFIDENCIALIDAD Y CREACION INTELECTUAL.

Se reconoce a toda la información generada por parte del equipo de investigación de la Universidad; con al apoyo de INVERNEG S.A, como de propiedad compartida y de libre uso que las partes puedan darla, sin excluir la de la difusión comercial de los resultados, pues no existe reconocimiento ni impedimento sobre la propiedad intelectual compartida para esta investigación en particular, y no sobre la invención de la tecnología de la inducción.

Los datos que se originen en la investigación, pueden considerarse públicos, y la valoración establecerá las referencias de la fuente de la investigación, así como los procedimientos de comprobación usados en el proceso y pruebas.

En los casos que corresponda, las partes se comprometen a mantener la confidencialidad de procesos, modelos tecnológicos y de desarrollo, así como de tecnologías y registro de marca y patente originados en otros países y que no estén establecidos o reconocidos por leyes ecuatorianas.

SEPTIMA.- CONFORMIDAD.

Para dar fe de este acuerdo, las partes lo suscriben en tres copias iguales con un mismo valor para lo plenamente acordado en razón de la buena voluntad y de los objetivos comunes que se persiguen en un marco de cooperación.

En Quito a los 17 días del mes de abril del 2013

Diego Johnson
INVERNEG S.A

Ing. Andrés Castillo
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL

A1.2 Acuerdo TURBODIESEL

ACUERDO DE COOPERACIÓN

En la ciudad de Quito Distrito Metropolitano a los 5 días del mes de Julio del año 2013, interviene a la celebración de este acuerdo de cooperación para realizar el mantenimiento, pruebas y análisis (turbo , bomba e inyectores) de los motores con los que se trabajará a lo largo de la investigación sobre el desempeño de acondicionadores de combustible ALGAE-X.

Por una parte el Señor Ingeniero Renato Barragán, en calidad de Gerente de TURBO AUTO; y por otra parte el Señor Ingeniero Andrés Castillo, en calidad de Director Académico de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, acreditando sus calidades con las que concurren a la celebración del presente acuerdo de cooperación, siguiendo las siguientes cláusulas:

1) Le corresponde a Turbo Auto realizar las pruebas correspondientes y mantenimiento de los componentes de los motores que intervengan en el estudio.

2) Brindar un descuento especial en cuanto a los costos de los trabajos a realizarse.

3) Entregar la información originada de los análisis realizados.

4) Para el cumplimiento de este acuerdo de cooperación y tesis de grado, la Universidad ha designado a los alumnos: Señores Gabriel Bastidas y Jimmy Bolaños, para establecer el plan de investigación y desarrollo de fases experimentales en la investigación aplicada a los beneficios ambientales y de desempeño eficiente de equipos y maquinaria en el Ecuador.

5) La Universidad Internacional del Ecuador referirá a la empresa Turbo Auto para futuras investigaciones o trabajos a realizarse.

Para dar fe de este acuerdo, las partes lo suscriben en dos copias iguales con un mismo valor para lo plenamente acordado en razón de la buena voluntad y de los objetivos comunes que se persiguen en un marco de cooperación.

En Quito a los 5 días del mes de Julio del 2013

Ing. Renato Barragán
TURBO AUTO

Ing. Andrés Castillo
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL

A1.3 Acuerdo Ing. Luis Gonzales

ACUERDO DE COOPERACIÓN

En la ciudad de Quito Distrito Metropolitano a los 5 días del mes de Julio del año 2013, interviene a la celebración de este acuerdo de cooperación para realizar las pruebas correspondientes al consumo de combustible, test de manejo y análisis de componentes (turbo, bomba e inyectores) del automotor QMC 2008 2.5l, con el que se trabajará a lo largo de la investigación sobre el desempeño de acondicionadores de combustible ALGAE-X.

Por una parte el Señor Ingeniero Luis Gonzales, propietario del automotor; y por otra parte el Señor Ingeniero Andrés Castillo, en calidad de Director Académico de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, acreditando sus calidades con las que concurren a la celebración del presente acuerdo de cooperación, siguiendo las siguientes cláusulas

1) Le corresponde al Señor Ingeniero Luis Gonzales facilitar la utilización de automotor para las pruebas respectivas.

2) Para el cumplimiento de este acuerdo de cooperación los Señores Gabriel Bastidas y Jimmy Bolaños, establecerán el plan de investigación y se comprometen a realizar un mantenimiento preventivo (bomba, turbo, inyectores, cambio de aceite y filtros) al finalizar el estudio.

Para dar fe de este acuerdo, las partes lo suscriben en dos copias iguales con un mismo valor para lo plenamente acordado en razón de la buena voluntad y de los objetivos comunes que se persiguen en un marco de cooperación.

En Quito a los 5 días del mes de Julio del 2013

Ing. Luis Gonzales
Propietario

Ing. Andrés Castillo
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL

A2 Fotos Estaciones de Servicio

P&S
PETROLEOS & SERVICIOS
ESTACION DE SERVICIO
AMBATO
Super 2.10
Extra 1.48
Diesel 1.03
Diesel Filtrado

PETROCOMERCIAL
GARANTIA EN CALIDAD Y CANTIDAD

Baeza
Extra
1.480
Super
G-Prix
2.190
Diesel
Premium
1.037

Super
Extra
Diesel
PREMIUM
"CIUDAD DEL TENA"

A3 Ficha Técnica Cronos

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CAMIÓN MODELO: CRONOS 2,5 TON

CAMIONES 2,5 Cronos TONELADAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MOTOR

Tipo	Diesel, 4 cilindros en línea enfriados por agua. Inyección directa de combustible con turbo compresor e intercooler.
Potencia máxima	94 HP a 3200 RPM.
Torque máximo	245 NM a 2200 RPM.
Desplazamiento	3298 cc
Diámetro por carrera	100 x 105 mm
Relación de compresión	17:5:1

TRANSMISIÓN

Manual	5 velocidades sincronizadas y reversa
Tracción	4 x 2
Velocidad máxima	105 km/h
Pendiente máxima a subir	30%

Relación de engranaje de la caja de cambios	Velocidad	Relación
	1era	5,528
	2da	2,832
	3era	1,634
	4ta	1
	5ta	0,794
	Rev	5,01
Relación final		5,286

Embrague	Monodisco seco de mando hidráulico.

FRENOS

Frenos de servicio	Hidráulicos servo asistidos de tambor en las 4 ruedas.
Freno de estacionamiento	Mecánico de tambor central en caja de cambios.
Distancia de frenado	9 m a 30 km/h

PESOS (KG)

Peso bruto vehicular	4590 kg
Capacidad de carga	2500 kg
Peso vacío	2090 kg

SUSPENSIÓN

Delantera	Rígida de ballestas y amortiguadores hidráulicos.
Posterior	Rígida de ballestas con auxiliar y amortiguadores hidráulicos.

NEUMÁTICOS

Tamaño	6.50 R16
Número de neumáticos	7

DIMENSIONES (mm)

Distancia entre ejes	2800 mm
Longitud total	5300 mm
Ancho total	1960 mm
Altura total	2200 mm
Trocha delantera	1440 mm
Trocha posterior	1420 mm
Largo útil del chasis	3580 mm

CHASIS REFORZADO

Eje delantero	Pines y bocines con frontal TIPO I.
Eje posterior	Flotante de reducción simple.
Dirección	Hidráulica de esferas circulantes.
Radio mínimo de giro	7.5 m

TANQUE DE COMBUSTIBLE

Capacidad de tanque	70 Litros

SISTEMA ELÉCTRICO

Instalación eléctrica	24 V
Generador	70 A

NOMBRE DEL VENDEDOR

FORMA DE PAGO

REFERENCIAS BANCARIAS

A4 Fotos Cronos

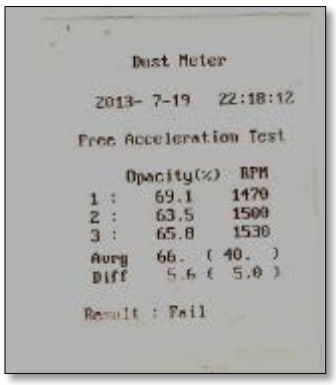
A5 Fotos TURBODIESEL

A6 Fotos INVERNEG

A7 Pruebas de Opacidad

A7.1 Mantenimiento Inicial

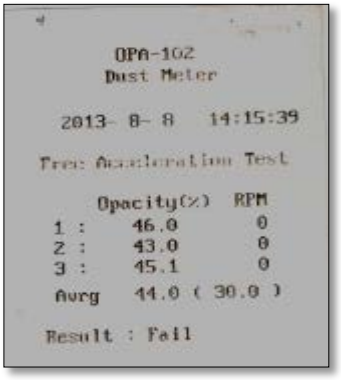
- Medición: sin Algae-x
- Fecha: 19 de julio 2013
- Kilometraje: 69026
- Carga: 3000RPM



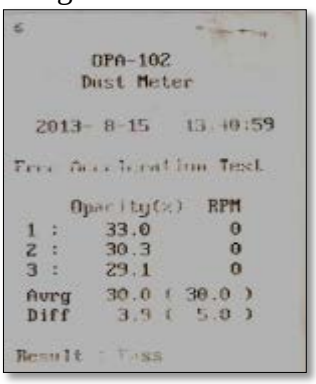
A7.2 Costa

- Medición sin Algae-x
- Fecha: 08 de Agosto 2013
- Kilometraje: 70470
- Carga: 3000 RPM

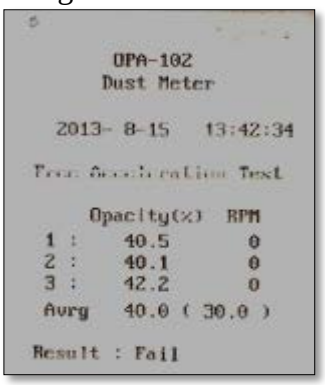
- Medición sin Algae-x
- Fecha: 08 de Agosto 2013
- Kilometraje: 70470
- Carga: 4500 RPM



- Medición con Algae-x
- Fecha: 15 de Agosto 2013
- Kilometraje: 70832
- Carga: 3000 RPM



- Medición con Algae-x
- Fecha: 15 de Agosto 2013
- Kilometraje: 70832
- Carga: 4500 RPM

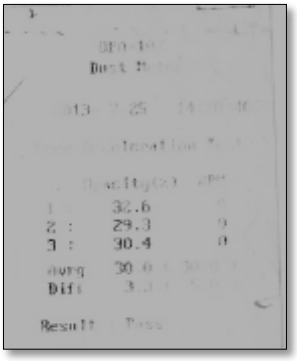


A7.3 Sierra

- Medición sin Algae-x
- Fecha: 01 de Agosto 2013
- Kilometraje: 69968
- Carga: 3000 RPM

- Medición sin Algae-x
- Fecha: 01 de Agosto 2013
- Kilometraje: 69968
- Carga: 4500 RPM

- Medición con Algae-x
- Fecha: 25 de Julio 2013
- Kilometraje: 69610
- Carga: 3000 RPM

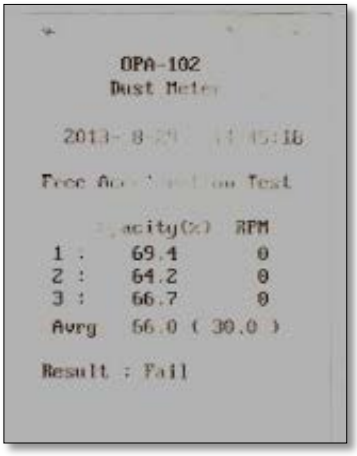


- Medición con Algae-x
- Fecha: 25 de Julio 2013
- Kilometraje: 69610
- Carga: 4500 RPM

A7.4 Oriente

- Medición sin Algae-x
- Fecha: 29 de Agosto 2013
- Kilometraje: 71150
- Carga: 3000 RPM

- Medición sin Algae-x
- Fecha: 29 de Agosto 2013
- Kilometraje: 71150
- Carga: 4500 RPM



- Medición con Algae-x
- Fecha: 22 de Agosto 2013
- Kilometraje: 71007
- Carga: 3000 RPM

- Medición con Algae-x
- Fecha: 22 de Agosto 2013
- Kilometraje: 71007
- Carga: 4500 RPM

A8 Informe TURBODIESEL

TURBO AUTO
TURBODIESEL CIA. LTDA.

Quito, 17 de Diciembre del 2013.

INFORME TECNICO.

La finalidad de este documento es dar a conocer el informe final de departamento técnico del laboratorio de TURBODIESEL, en cuanto a los trabajos, análisis, pruebas y mantenimientos que se realizo al automotor con el que se trabajo en las pruebas de campo para el estudio de los acondicionadores diesel "ALGAEX".

FICHA TECNICA

Datos del vehículo

- **Marca**: QMC.
- **Modelo**: Cronos.
- **N. cilindros**: 4 en línea.
- **Combustible**: Diesel.

Especificaciones del vehículo.

- **Clase**: Camión.
- **Capacidad**: 2.5 toneladas.
- **Año de fabricación**: 2008.
- **Potencia máxima**: 94 HP a 3200 RPM.
- **Torque máximo**: 245 NM a 2200 RPM.
- **Tipo de inyección**: Directa de combustible, con turbo compresor.

RESULTADOS

Primera visita:

El automotor ingresa al primer mantenimiento a los 69026 km de recorrido, obtenido los siguientes datos iníciales:

Presión de apertura de inyectores actual:

1.- 218 bares.

2.- 210 bares.

3.- 212 bares.

4.- 215 bares.

QUITO: Av. Eloy Alfaro Nº 77 y de los Eucaliptos • PBX.: 280-6628 • Telfax.: 2474-921
turboauto@andinanet.net

TURBODIESEL ESPECIALISTAS EN SISTEMAS DE INYECCIÓN Y TURBOALIMENTACIÓN DIESEL Y GASOLINA

Nota:

- Los inyectores presentan corrosión por presencia de agua en el combustible.
- La bomba presente un desgaste y un desgaste y una des calibración en cuanto a entregas de combustible en altas y bajas, con y sin turbo alimentación.

Luego del mantenimiento realizado el automotor en cuanto a bomba e inyectores se obtiene los siguientes datos finales:

1. Presión de apertura de inyectores:

- 220 bares de los 4 inyectores.

2. Entregas de la bomba.

CONDICIONES	RPM	ENTREGAS EN cc
Sin turbo	500	40cc
Con turbo	1000	60cc
Arranques	100	100cc
Relantin	300	20cc

Segunda visita:

El automotor ingresa al segundo mantenimiento a los 712356km, de recorrido, luego de haberle aplicado varias pruebas de campo, como son el funcionamiento del mismo con y sin el dispositivo ALGAEX y con diferentes combustibles de las regiones del Ecuador, obteniéndose los siguientes datos técnicos:

1. Presión de apertura de inyectores:

- 220 bares en los 4 inyectores.

NOTA:

- Un inyector presenta una tobera con tendencia a pegarse por la calidad de combustible utilizado.

2 Entregas de la bomba:

CONDICIONES	RPM	ENTREGAS EN cc
Sin turbo	500	40 cc
Con turbo	1000	60cc
Arranques	100	100cc
Relantin	300	20cc

CONCLUSIONES:

El dispositivo ALGAEX si arrojo buenos resultados en cuanto a alargue de mantenimientos ya que luego de haber recorrido mas de 2200 km, y sometiéndole a un sin numero de pruebas de campo en cuanto a consumo y contaminación con diferentes combustibles del Ecuador los valores con los que se configuro los elementos en la primera visita siguen intactos en la ultima visita, con el único detalle casi imperceptible de un inyector presentaba una tendencia de una tobera a pegarse por lo demás los elementos conservan los datos iniciares y eso es un indicio del eficiente desempeño del acondicionador de combustible diesel ALGAEX.

ATT.

TURBODIESEL cía. ltda. TURBOS Y SERVICIOS DIESEL

COMERCIAL TURBODIESEL CIA.LTDA.

A9 Informe de Laboratorio ALS Tribology (EEUU)

ALS Tribology

INVERNEG S.A.
Av. De Las Americas 807 y calle 2da
Cuidadela ADACE Guayaquil
Ecuador 90112

Fuel Sample Analysis

UIN:	0355787	**Serial No.:**	
Fuel Type:	Fuel Oil	**Site:**	
Tank ID:	Muestra I		

Compartment Name:	Fuel Oil-Antes de ALGAE-X	**Date Sampled:**	18-Jul-13
		Date Received:	09-Aug-13
Fuel Manufacturer:	Unidentified	**Date Reported:**	14-Aug-13
Fuel Type:	Diesel Fuel	**Lab No.:**	44200137660
Tank Capacity:		**WO No.:**	
Tank Level at Test:		**SIF No.:**	14008280

TEST/METHOD	RESULTS	UNITS
Appearance-Distillate Fuel (ASTM D4176)		
Clear and Bright	Pass	
Free Water	Pass	
Particulate	Pass	
Distillation (ASTM D86)		
Initial Boiling Point	370	°F
10% Recovered	420	°F
50% Recovered	530	°F
90% Recovered	640	°F
End Point	690	°F
% Recovered	98.0	Volume %
Physical / Chemical		
Viscosity @ 40°C (D445)	2.9	cSt
API Gravity @60F (D287/D1298)	37.3	° API
Calculated Cetane Index (D4737)	49.4	CCI
Water & Sediment (D1796/D2709)	<0.05	Volume %
Flash Point by PMCC (D93)	N/A	°F

ALS Tribology

INVERNEG S.A.
Av. De Las Americas 807 y calle 2da
Cuidadela ADACE Guayaquil
Ecuador 90112

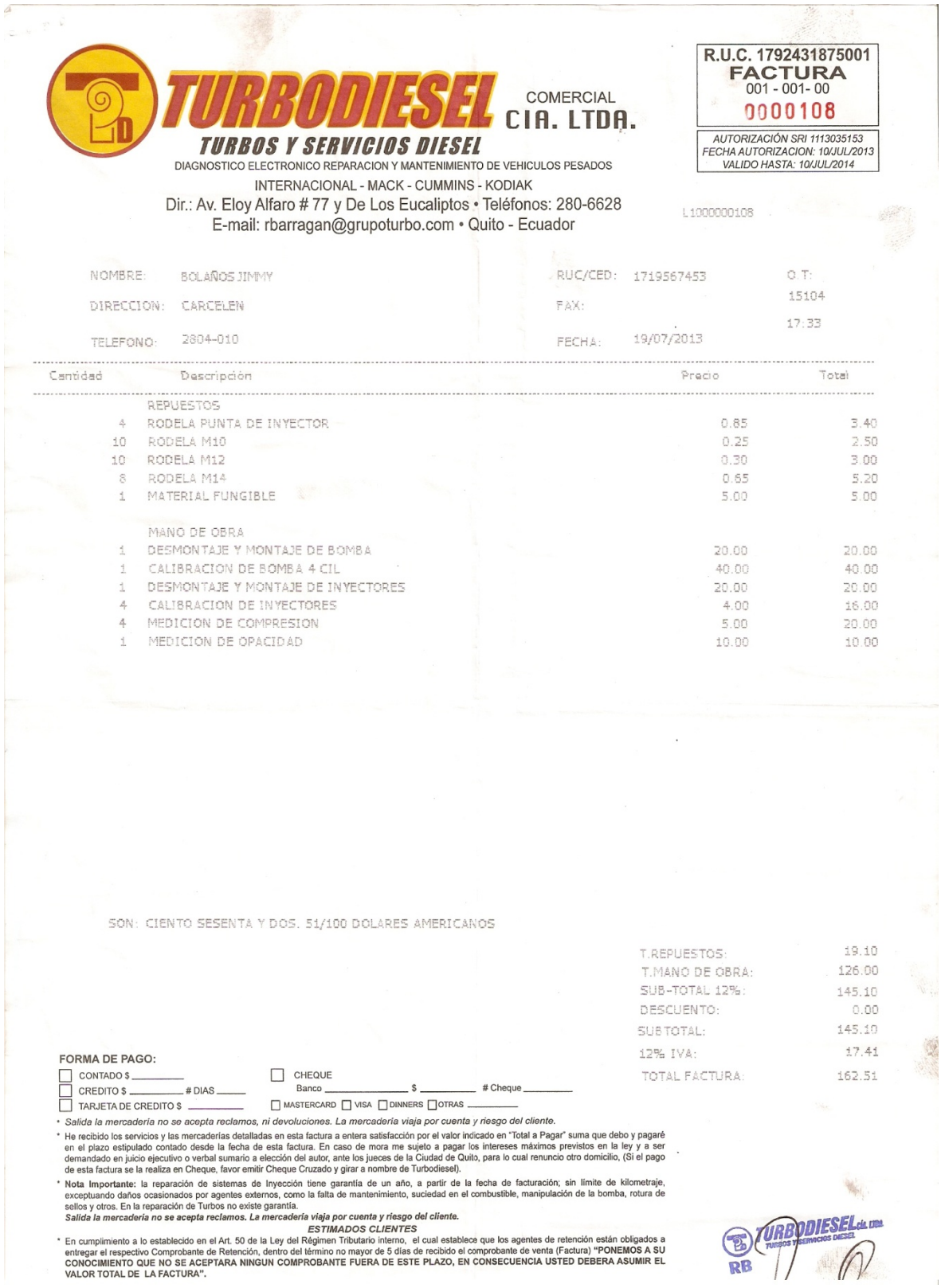
Fuel Sample Analysis

UIN:	0355795	**Serial No.:**	
Fuel Type:	Fuel Oil	**Site:**	
Tank ID:	Muestra II		

Compartment Name:	Fuel Oil -Despues de ALGAE-X	**Date Sampled:**	18-Jul-13
		Date Received:	09-Aug-13
Fuel Manufacturer:	Unidentified	**Date Reported:**	14-Aug-13
Fuel Type:	Diesel Fuel	**Lab No.:**	44200137661
Tank Capacity:		**WO No.:**	
Tank Level at Test:		**SIF No.:**	14008282

TEST/METHOD	RESULTS	UNITS
Appearance-Distillate Fuel (ASTM D4176)		
Clear and Bright	Pass	
Free Water	Pass	
Particulate	Pass	
Distillation (ASTM D86)		
Initial Boiling Point	365	°F
10% Recovered	415	°F
50% Recovered	525	°F
90% Recovered	645	°F
End Point	685	°F
% Recovered	98.0	Volume %
Physical / Chemical		
Viscosity @ 40°C (D445)	2.9	cSt
API Gravity @60F (D287/D1298)	38.3	° API
Calculated Cetane Index (D4737)	51.4	CCI
Water & Sediment (D1796/D2709)	<0.05	Volume %
Flash Point by PMCC (D93)	N/A	°F

A10 Facturas de Mantenimientos



TURBODIESEL COMERCIAL CIA. LTDA.

TURBOS Y SERVICIOS DIESEL

DIAGNOSTICO ELECTRONICO REPARACION Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS PESADOS

INTERNACIONAL - MACK - CUMMINS - KODIAK

Dir.: Av. Eloy Alfaro # 77 y De Los Eucaliptos • Teléfonos: 280-6628

E-mail: rbarragan@grupoturbo.com • Quito - Ecuador

R.U.C. 1792431875001

FACTURA

001 - 001- 00

0000108

AUTORIZACIÓN SRI 1113035153

FECHA AUTORIZACION: 10/JUL/2013

VALIDO HASTA: 10/JUL/2014

L1000000108

NOMBRE: BOLAÑOS JIMMY

DIRECCION: CARCELEN

TELEFONO: 2804-010

RUC/CED: 1719567453

FAX:

FECHA: 19/07/2013

O.T: 15104

17:33

Cantidad	Descripción	Precio	Total
	REPUESTOS		
4	RODELA PUNTA DE INYECTOR	0.85	3.40
10	RODELA M10	0.25	2.50
10	RODELA M12	0.30	3.00
8	RODELA M14	0.65	5.20
1	MATERIAL FUNGIBLE	5.00	5.00
	MANO DE OBRA		
1	DESMONTAJE Y MONTAJE DE BOMBA	20.00	20.00
1	CALIBRACION DE BOMBA 4 CIL	40.00	40.00
1	DESMONTAJE Y MONTAJE DE INYECTORES	20.00	20.00
4	CALIBRACION DE INYECTORES	4.00	16.00
4	MEDICION DE COMPRESION	5.00	20.00
1	MEDICION DE OPACIDAD	10.00	10.00

SON: CIENTO SESENTA Y DOS. 51/100 DOLARES AMERICANOS

T.REPUESTOS:	19.10
T.MANO DE OBRA:	126.00
SUB-TOTAL 12%:	145.10
DESCUENTO:	0.00
SUBTOTAL:	145.10
12% IVA:	17.41
TOTAL FACTURA:	162.51

FORMA DE PAGO:

☐ CONTADO $ _____ ☐ CHEQUE

☐ CREDITO $ _____ # DIAS _____ Banco _____ $ _____ # Cheque _____

☐ TARJETA DE CREDITO $ _____ ☐ MASTERCARD ☐ VISA ☐ DINNERS ☐ OTRAS _____

* *Salida la mercadería no se acepta reclamos, ni devoluciones. La mercadería viaja por cuenta y riesgo del cliente.*
* He recibido los servicios y las mercaderías detalladas en esta factura a entera satisfacción por el valor indicado en "Total a Pagar" suma que debo y pagaré en el plazo estipulado contado desde la fecha de esta factura. En caso de mora me sujeto a pagar los intereses máximos previstos en la ley y a ser demandado en juicio ejecutivo o verbal sumario a elección del autor, ante los jueces de la Ciudad de Quito, para lo cual renuncio otro domicilio, (Si el pago de esta factura se la realiza en Cheque, favor emitir Cheque Cruzado y girar a nombre de Turbodiesel).
* **Nota Importante:** la reparación de sistemas de Inyección tiene garantía de un año, a partir de la fecha de facturación; sin límite de kilometraje, exceptuando daños ocasionados por agentes externos, como la falta de mantenimiento, suciedad en el combustible, manipulación de la bomba, rotura de sellos y otros. En la reparación de Turbos no existe garantía.
Salida la mercadería no se acepta reclamos. La mercadería viaja por cuenta y riesgo del cliente.

ESTIMADOS CLIENTES

* En cumplimiento a lo establecido en el Art. 50 de la Ley del Régimen Tributario interno, el cual establece que los agentes de retención están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención, dentro del término no mayor de 5 días de recibido el comprobante de venta (Factura) **"PONEMOS A SU CONOCIMIENTO QUE NO SE ACEPTARA NINGUN COMPROBANTE FUERA DE ESTE PLAZO, EN CONSECUENCIA USTED DEBERA ASUMIR EL VALOR TOTAL DE LA FACTURA".**

RB

TURBOAUTO

TURBODIESEL COMERCIAL CIA. LTDA.
TURBOS Y SERVICIOS DIESEL

ESPECIALISTAS EN SISTEMAS DE INYECCION TURBO ALIMENTADORES
DIESEL-GASOLINA
Dir.: Av. Eloy Alfaro # 77 y De Los Eucaliptos • Teléfonos: 280-6628
E-mail: rbarragan@grupoturbo.com • Quito - Ecuador

R.U.C. 1792431875001
FACTURA
001 - 001- 00
0000303

AUTORIZACIÓN SRI 1113124433
FECHA AUTORIZACION: 26/JUL/2013
VALIDO HASTA: 26/JUL/2014

L1000000303

NOMBRE: BOLAÑOS JIMMY
DIRECCION: CARCELEN
TELEFONO: 2804-010
RUC/CED: 1719567453
FAX:
FECHA: 30/08/2013
O.T: 15192
15:25

Cantidad	Descripción	Precio	Total
1	MANO DE OBRA	0.00	0.00
1	DESMONTAJE Y MONTAJE DE BOMBA	20.00	16.00
1	DESMONTAJE Y MONTAJE DE INYECTORES	20.00	16.00
1	CHEQUEO BOMBA E INYECTORES	60.00	48.00

SON: OCHENTA Y NUEVE. 60/100 DOLARES AMERICANOS

T.REPUESTOS:	0.00
T.MANO DE OBRA:	80.00
SUB-TOTAL 12%:	80.00
DESCUENTO:	20.00
SUBTOTAL:	80.00
12% IVA:	9.60
TOTAL FACTURA:	89.60

FORMA DE PAGO:

☐ CONTADO $ _____
☐ CREDITO $ _____ # DIAS _____
☐ TARJETA DE CREDITO $ _____
☐ CHEQUE Banco _____ $ _____ # Cheque _____
☐ MASTERCARD ☐ VISA ☐ DINNERS ☐ OTRAS _____

- *Salida la mercadería no se acepta reclamos, ni devoluciones. La mercadería viaja por cuenta y riesgo del cliente.*
- He recibido los servicios y las mercaderías detalladas en esta factura a entera satisfacción por el valor indicado en "Total a Pagar" suma que debo y pagaré en el plazo estipulado contado desde la fecha de esta factura. En caso de mora me sujeto a pagar los intereses máximos previstos en la ley y a ser demandado en juicio ejecutivo o verbal sumario a elección del autor, ante los jueces de la Ciudad de Quito, para lo cual renuncio otro domicilio, (Si el pago de esta factura se la realiza en Cheque, favor emitir Cheque Cruzado y girar a nombre de Turbodiesel).
- **Nota Importante:** la reparación de sistemas de Inyección tiene garantía de un año, a partir de la fecha de facturación; sin límite de kilometraje, exceptuando daños ocasionados por agentes externos, como la falta de mantenimiento, suciedad en el combustible, manipulación de la bomba, rotura de sellos y otros. En la reparación de Turbos no existe garantía.
  Salida la mercadería no se acepta reclamos. La mercadería viaja por cuenta y riesgo del cliente.

ESTIMADOS CLIENTES

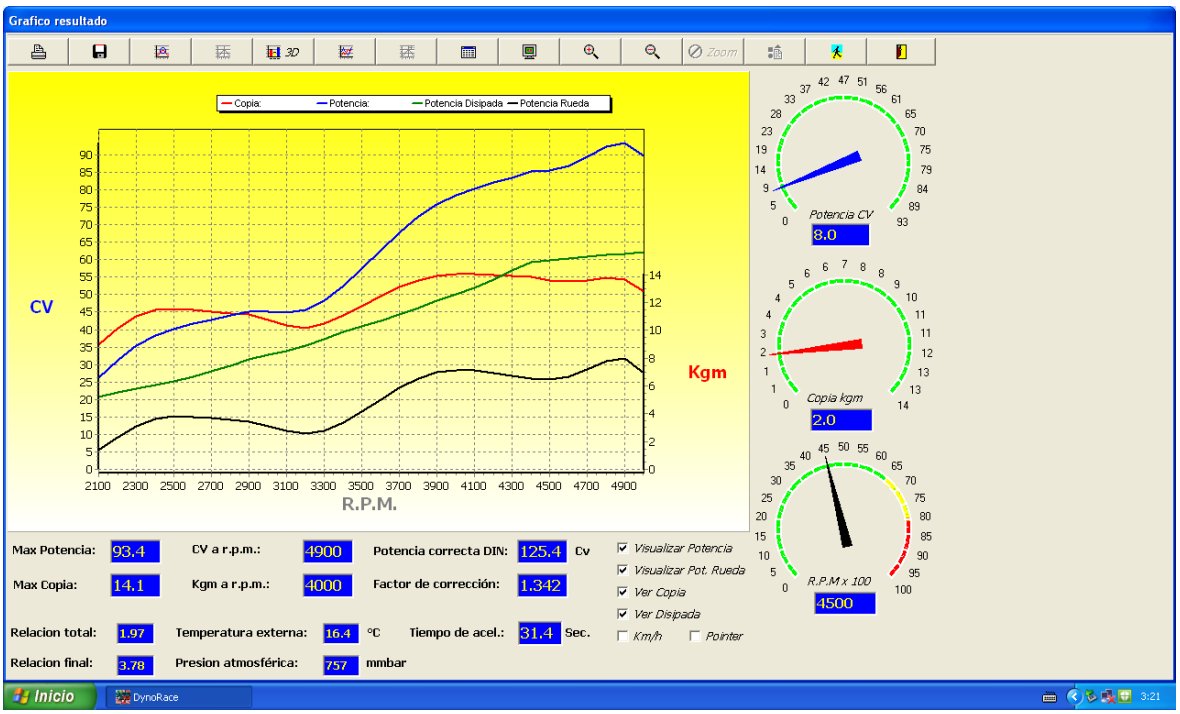
- En cumplimiento a lo establecido en el Art. 50 de la Ley del Régimen Tributario interno, el cual establece que los agentes de retención están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención, dentro del término no mayor de 5 días de recibido el comprobante de venta (Factura) **"PONEMOS A SU CONOCIMIENTO QUE NO SE ACEPTARA NINGUN COMPROBANTE FUERA DE ESTE PLAZO, EN CONSECUENCIA USTED DEBERA ASUMIR EL VALOR TOTAL DE LA FACTURA".**

Y en función a la normativa tributaria y nuestras políticas internas, se les recuerda que una vez entregada la factura de venta, contaran con un

TURBODIESEL CIA. LTDA. TURBOS Y SERVICIOS DIESEL
RB

A11 Prueba de Potencia (Dinamómetro)

Sin Algae-x:



Con Algae-x: