

Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera

PRIMER INFORME SEMESTRAL

Instituto de Recursos Energéticos de Universidad Galileo

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Índice

1.	Introducción	2
2.	Resumen Ejecutivo	3
3.	Abstract	4
4.	Informe de alianzas estratégicas con empresas e instituciones locales y divulgación del proyecto	5
5.	Diagnóstico mecánico de las unidades automotrices del proyecto.	9
6.	Descripción de la instalación de GPRS en las unidades automotrices.	15
7.	Análisis del rendimiento de las unidades automotrices.	22
8.	Análisis de las emisiones gaseosas de las unidades automotrices.	26
9.	Sistema HHO.	43
10.	Instalación y operación de los sistemas HHO	44
11.	Resultados obtenidos con los sistemas HHO en unidades vehiculares.	48
12.	Conclusiones, dificultades y desafíos.	55
13.	ANEXO	62
a.	Anexo 1. Divulgación del proyecto HHO	62
b.	Anexo 2. Fotografías	65
c.	Anexo 3. Reportes del análisis químico del aceite lubricante del motor	66
d.	Anexo 4. Documentos de gastos de ingreso y egreso	73

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

1. Introducción

A nivel nacional el uso de vehículos antiguos e ineficientes que requieren un mayor consumo de combustible y emiten una mayor cantidad de gases a la atmósfera es uno de los principales causantes del deterioro ambiental en la Ciudad de Guatemala, aunado al crecimiento poblacional, ha creado una crisis no solo energética sino económica, en un país donde existe una necesidad enorme del uso del transporte público.

En 2010 el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) elaboró un perfil en el que se caracteriza el parque vehicular de Guatemala. En este documento se reflejan aspectos como el incremento considerable del parque vehicular, especialmente en el área metropolitana, generando congestión, ruido, emisiones de gases y partículas contaminantes. Desde el punto de vista ambiental, el bajo rendimiento de consumo en km/galón implica mayor consumo de combustible de lo normal y por lo tanto más emisiones de gases y partículas tales como material particulado, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOX), óxidos de azufre (SOX), bióxido de carbono (CO₂). Esto también tiene graves consecuencias para la salud de la población, sobre todo a niños y personas de tercera edad, como consecuencia el alto tránsito de vehículos en donde las partículas en suspensión sobrepasan los límites permisibles (según la OMS 70µg), penetran en los pulmones y pueden llegar al torrente sanguíneo causando cardiopatías, cáncer de pulmón, asma e infecciones respiratorias, casos extremos llegan a producir la muerte prematura en personas con enfermedades cardiovasculares.

Una de las estrategias del Instituto de Recursos Energéticos de Universidad Galileo es contribuir a la investigación en tecnologías apropiadas para la gestión energética sostenible, en línea con esta estrategia el proyecto que estamos desarrollando con el apoyo de la Organización de los Estados Americanos, OEA, busca promover e integrar sistemas híbridos a base de agua capaz de generar HHO, en el transporte colectivo público e instituciones que brindan servicios múltiples en la ciudad de Guatemala, para disminuir el consumo de combustible diésel de estas unidades automotrices y las emisiones de los gases de efecto invernadero contaminantes de la atmósfera local.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

2. Resumen Ejecutivo

En la primera fase del proyecto a través de una sonda conectada a un sistema GPRS, se ha monitoreado el rendimiento de 8 unidades vehiculares. Los resultados evidencian que en promedio las unidades tienen un consumo de 8.60 km/galón. Se identifica que el gasto de combustible/mes que se obtiene en las 8 unidades automotrices asciende a Q 30,000.00 equivalente a \$ 3750.00 para un recorrido total de 14, 475 kilómetros, esto establece un indicador macro de rendimiento de Q 2.07 /km equivalente a \$ 0.25/ km. Para conocer el estado técnico de las unidades se realizaron mediciones en cooperación con la empresa LUCALZA se realizaron estudios de análisis del aceite lubricante y condiciones del motor, los resultados evidenciaron que la mayoría de las unidades automotrices evidencia “anormalidad”, con grado de severidad 3 que se debe interpretar como un desgaste en el motor por el uso continuo, antigüedad del modelo, mantenimientos preventivos y correctivos no adecuados. Actualmente se tienen instalados los sistemas HHO en toda la muestra de estudio y se está llevando a cabo el monitoreo y el análisis de gases ya en los buses híbridos; obteniéndose en esta segunda etapa disminuciones de 3% a 7% en el consumos de diésel y hasta un 8 % en las emisiones de CO. Durante estos meses se ha trabajado también en la divulgación del Proyecto realizándose dos reportajes por Universidad Galileo que muestran los avances e importancia del proyecto publicado en los medios de comunicación y redes sociales; se participó como conferencistas en la 8va Convención de Energía Renovable y Eficiencia Energética de la Universidad Galileo; en el Taller Regional de Biocombustible, organizado por la Asociación Nacional de Biocombustible de Guatemala, el Ministerio de Energía y Minas, la Organización de Estados Americanos y el Gobierno de Guatemala; en el Congreso de Ingeniería Mecánica Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala y como invitado y conferencista al Fórum Internacional de Software Libre en Porto Alegre, Brasil.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

3. Abstract

In the first phase of the project through a tube connected to a GPRS system, it has monitored the performance of 8-vehicle units. The results show that on average the units have a consumption of 8.60 km / gallon. It is identified that the cost of fuel / month in the 8 automotive units amounts to Q 30,000.00 equivalent to \$ 3,750.00 for a total distance of 14 475 kilometers, this sets a flag macro performance Q 2.07 / km equivalent to \$ 0.25 / km. For the technical condition of the units measurements were performed in cooperation with the company LUCALZA analysis studies lubricating oil and engine conditions were performed, the results showed that most automotive units evidence "anormal" with severity 3 must be interpreted as a wear on the engine for continuous use, old model, not suitable preventive maintenance and corrective. Currently there are HHO systems installed throughout the study sample and is carrying out monitoring and analysis of gases and in hybrid buses; obtained in the second stage decreases from 3% to 7% in the consumption of diesel and up to 8% in CO emissions. During these months we had also worked in publicizing the project carried out by Galileo University two reports that show progress and importance of the project published in the media and social networks; we participated as speakers at the 8th Convention of Renewable Energy and Energy Efficiency of the Galileo University; Regional Workshop on Biofuels organized by the National Association of Biofuel of Guatemala, the Ministry of Energy and Mines, the Organization of American States and the Government of Guatemala; Congress of Industrial Mechanical Engineering from the University of San Carlos of Guatemala and as a guest lecturer at the International Free Software Forum in Porto Alegre, Brazil.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

4. Informe de alianzas estratégicas con empresas e instituciones locales y divulgación del proyecto.

En el mes de marzo del año en curso se realizaron dos presentaciones del proyecto al personal técnico de Transmetro de la Municipalidad de Guatemala y MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales) con el propósito de informarles sobre la tecnología HHO. Los resultados fueron satisfactorios y el personal técnico de ambas instituciones manifestó su interés en el ahorro de galones de Diésel que la tecnología HHO logrará en los buses del transporte urbano. El MARN, a través de la Sra. Ministra de esa cartera aportó un bus de la institución para apoyar el proyecto, exhortando a seguir presentado iniciativas de este tipo.

La Municipalidad de Guatemala mostró su preocupación por el daño que la tecnología HHO podría causarle a los buses, por lo que solicito un seguro de daños al motor y que por el momento solo sería factible colaborar con un bus y si no se presentaban daños en esta unidad automotriz podrían incluirse otros buses en forma periódica, esto dado que tenían la mayoría de sus unidades en mal estado y no podía arriesgar a dañar otras unidades que eran indispensables para el transporte urbano.

Esta situación nos obligó a buscar otros actores que apoyarán el proyecto y de esta forma cumplir con el cronograma de trabajo, fue que en la reunión sostenida con el MARN que tuvimos la oportunidad de conocer a propietarios de los buses denominados “rojos” de la cooperativa la Unión, quienes manifestaron interés en conocer la tecnología HHO y nos invitaron a ofrecer una presentación del tema a sus agremiados. Para el equipo de investigación de este proyecto la invitación de transportes la Unión fue tomada con entusiasmo y alegría porque nos permitía llegar a un colectivo de transportistas que circulan en la ciudad de Guatemala, con buses con alto nivel de contaminación y gran demanda por parte de los usuarios que circulan en la ciudad de Guatemala.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

La última semana de marzo se realizó la visita a la cooperativa la Unión, asistieron 8 propietarios de los buses del transporte urbano y se expuso la tecnología HHO. El Sr. Eduardo Barillas (propietario de buses), mostró interés en instalar 5 sistemas HHO en las unidades del transporte urbano y mostró su confianza al proyecto. Los otros propietarios nos motivaron a seguir adelante en el proyecto y luego de ver los resultados, manifestaron que les agradaría ser tomados en cuenta en participar en el proyecto.

La primera semana de abril se visitó la empresa Biotrash quién se dedica al reciclar residuos peligrosos de la industria y centros de salud. Ellos manifestaron interés en que 2 de sus unidades fueran tomadas en cuenta para la instalación de sistema HHO. Luego de una presentación de la tecnología HHO y revisión de los camiones que utiliza Biotrash, el equipo de investigadores tomó la decisión de colocar 2 sistemas HHO en estas unidades, dado que prestan un servicio social a la ciudad de Guatemala y de esta forma no afectar el cronograma de trabajo y los productos a entregar en esta primera fase. El director comercial de la empresa Biotrash, Aldo Knoepffler manifestó su interés en apoyar la investigación que Universidad Galileo realiza con tecnología HHO y espera apoyar esta iniciativa a través de mostrar a otras empresas comerciales los resultado obtenidos de ahorro y baja de emisión de contaminantes.

Durante el mes de abril, se tuvo la oportunidad de lograr el apoyo de Lucalza. S.A, empresa que posee la representación para Centro América de la marca de lubricantes Chevron. Se realizó reunión teniendo como resultado una gran aceptación del proyecto por parte de ellos y el apoyo de realizar el monitoreo de las muestras de aceite lubricante de los buses objetos de estudio en laboratorio certificado por Chevron, por medio de técnicas analíticas científicas, como lo es el análisis de propiedades de aceite efectuado en un Espectrofotómetro que nos permitirá tener detalle de los porcentajes de cada una de las propiedades del aceite y con ello, el estado actual de los motores de los buses obteniendo datos reales del desgaste en las partes mecánicas del motor.

La empresa LUCALZA ha donado para el desarrollo de esta actividad 25 análisis, que se efectuaran en el Laboratorio POLARIS, laboratorio autorizado internacionalmente por

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

CHEVRON para certificar resultados. Para dichos análisis nos han donado una bomba de extracción de aceite, 25 recipientes esterilizados y la manguera especial para extracción. En esta fase de acercamiento a las instituciones las dificultades fueron no encontrar un seguro que la Municipalidad de Guatemala, requirió para sus unidades automotrices. Las aseguradoras de Guatemala, nos indicaron que desconocían la tecnología HHO y que no se tenían en Guatemala seguros específicos para asegurar una unidad de transporte con tecnología HHO. Por tal motivo optamos por buscar un seguro que únicamente cubriera el robo, pérdida o daño a la celda de hidrógeno y accesorios colocados en los buses y camiones del proyecto HHO. Dado que la tecnología no es de conocimiento de las aseguradoras, estas han tomado sus medidas y aún estamos consultando las aseguradoras para que nos indiquen cual es póliza que se adapta a la tecnología HHO. A continuación detallamos un resumen de los principales convenios realizados que permitieron el avance del proyecto:

Instituciones y/o empresas que apoyan el proyecto.	¿Cómo nos apoyan?	Objeto social de la empresa
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	1 bus de transporte de personal de la institución.	Institución gubernamental de la República de Guatemala.
Transportes “la Unión”	5 buses de transporte que circula por la ciudad de Guatemala, con el número de ruta 63.	Servicio social – privado, funcionan como cooperativa y tienen gran demanda en la ciudad.
Biotrash	2 camiones que transportan residuos peligrosos y circulan por ciudad de Guatemala.	Empresa privada que recicla residuos peligrosos que desea situarse con referente en procesos ambientales responsables.
Lucalza.	25 análisis de espectrofotometría que permitirá evaluar las propiedades del aceite y con ello, el estado actual de los motores de los buses	Empresa privada con redes en Centroamérica que representa a la marca de lubricantes Chevron.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Descripción de los buses y camiones que emplean sistemas HHO.

Bus /camión	Propietarios	Características técnicas	Demanda social
Unidad 1	MARN	Marca: International. Motor: Turbo.7300 cc Modelo 1997.	Transporta personal del MARN. Se estiman 40 -50 personas /día
Unidad 2	Biotrash	Marca: Hyundai. Motor: 3600 cc. Modelo 2007.	Transporta desechos hospitalarios. Recorre la ciudad de 4:30 am a 15:00 pm.
Unidad 3	Biotrash	Marca: Ford. Motor: 7800 cc. Modelo: 1994	Transporta desechos hospitalarios. Recorre la ciudad de 4:30 am a 15:00 pm.
Unidad 4	Transportes “ La unión”	Marca: International. Motor: Turbo.6700 cc Modelo 1996.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día*
Unidad 5	Transportes “ La unión”	Marca: International. Motor: Turbo 7636 cc. Modelo 1997.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día
Unidad 6	Transportes “ La unión”	Marca: Mercedes Benz. Motor: 5958 cc Modelo 1995	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día
Unidad 7	Transportes “ La unión”	Marca: Mercedes Benz. Motor: 5675 cc Modelo 1990.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día
Unidad 8	Transportes “ la Unión”	Marca: XXX No registrado 6700 cc. Modelo 1997.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día

* Datos de “Transportes la Unión”.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

5. Diagnóstico mecánico de las unidades automotrices del proyecto.

Este diagnóstico es muy importante ya que el **aceite lubricante de los motores** puede determinar desgastes mecánicos internos, dependiendo del contaminante del aceite y presencia de partículas o sustancias que no pertenecen al aceite lubricante.

Las características que se pueden diagnosticar en el análisis de espectrofotómetro:

- **Contaminación de aceite:** dilución de combustible, dilución con agua, contenido de materias carbonosas.
- **Degradación de aceite:** Viscosidad, basicidad, detergencia / dispersividad, mancha de aceite, constancia dieléctrica.

Tabla de referencia del análisis de espectrofotómetro – relación de piezas del motor dañada en presencia de metales significativos -

Motor	Aluminio	Cobre	Cromo	Estaño	Hierro	Níquel	Plomo	Silicio
Cojinetes	x	x		x			x	
Bujes	X	x		X				
Árbol de levas					X			
Refrigerante			x			x		X
Cigüeñal					x			
Camisa			X		X			
Válvula Escape			X		X	X		
Cojinetes anti-fricción			X		X			
Empaquetaduras								X
Gasolina						x	X	
Carcasa	X				X			
Tierra								X
Aditivo								X
Enfriador de Aceite		X						
Bujes de bomba de aceite	X							
Bomba de aceite	X				X			
Pistones	X				X			
Anillos			X		X			
Engranajes					X			
Turbo	X				X	X		
Guías de válvulas		X			X	X		
Tren de válvulas					X			
Bujes de bielas	x	x		x			x	
Bielas					x			

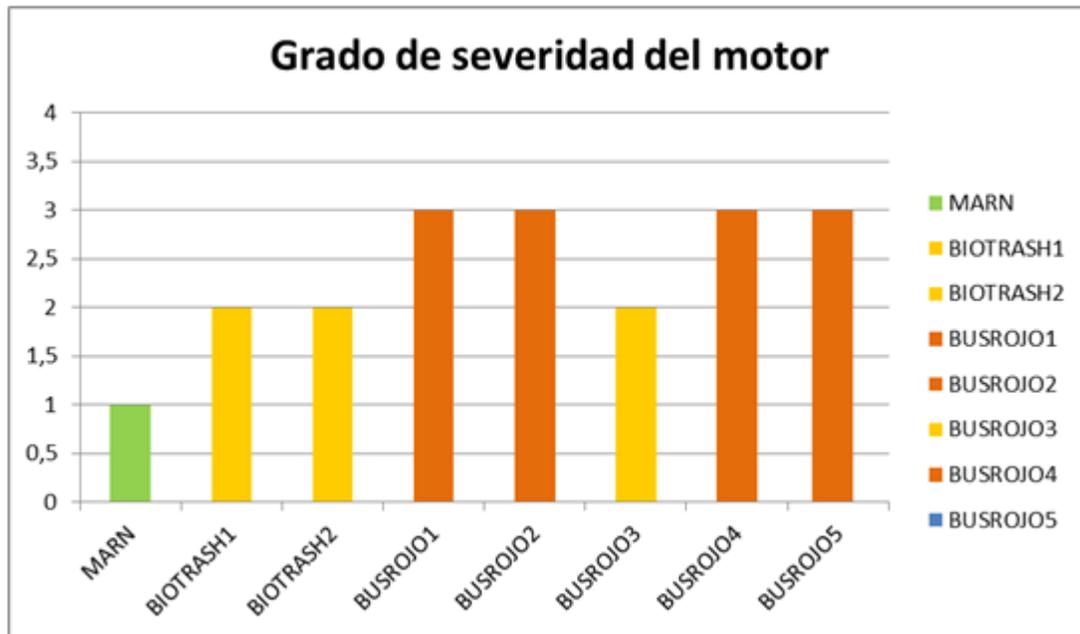
Fuente: Elaboración de Universidad Galileo con datos proporcionados por LUCALZA.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

El análisis realizado a los buses del proyecto pueden encontrarse diferentes fallas mecánicas en el motor, teniendo en cuenta que 0 y 1 es normal, 2 y 3 es anormal, 4 es crítico. No obstante cada motor se ha comportado de manera diferente a pesar de las similitudes.

Gráfica1. Grado de severidad del motor



Fuente: Universidad Galileo – IRE-

La gráfica ilustra que el desgaste del motor en 7 de las unidades automotora está en el límite mínimo de 2 y aumenta hasta valores de anormalidad de 3, esto evidencia la “anormalidad”, que se debe interpretar como un desgaste en el motor por el uso continuo, antigüedad del modelo, mantenimientos preventivos y correctivos no adecuados y que trae como consecuencia, desperfectos mecánicos en períodos de tiempo cortos. Solo 1 bus (MARN), presenta normalidad de 1 en la escala de severidad del motor.

A continuación se detalla los resultados obtenidos para cada bus en el grado de contaminación del aceite lubricante del motor según el análisis de espectrofotometría realizado por Lucalza. (Los estudios completos pueden leerse en Anexo 3).

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Bus Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
INTERNATIONAL 466E	1	CHEVRON	15W40	NO REQUERIDO

Fuente: Elaboración propia

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 1 esto quiere decir que se encuentra entre los límites aceptables como normal. No se requiere acción de mantenimiento de forma urgente, al momento de tener el motor en un ralentí por tiempo excesivo puede causar la dilución del lubricante.

Según los estudios realizados por parte de Lucalza, el metal de mayor presencia en el aceite lubricante es el silicio que proviene por el refrigerante, empaques del motor y aditivos que puedan mezclarse con el aceite lubricante, para este caso el silicio se encuentra a un nivel entre los límites aceptables, además el silicio se puede encontrar por suciedad o contaminantes ambientales en el lubricante. Se debe indicar que este es el bus entre los 8 que mejores condiciones mecánicas presenta.

Camión recolector de desechos BIOTRASH 1

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
HYUNDAI HD	2	CEPSA	15W40	NO REQUERIDO

Fuente: Datos propios

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 2 esto quiere decir que se encuentra entre los límites aceptables como ANORMAL.

Según los estudios realizados por el laboratorio de LUCALZA, se encontró sílice y suciedad en un nivel moderado. Contenido de hierro se encuentra en nivel moderado y la causa del hierro en el lubricante se puede encontrar por el desgaste de pistones de hierro y árboles de levas de acero endurecido, cilindros, cigüeñal y engranajes.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Camión recolector de desechos BIOTRASH 2

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
FORD CFT8000	2	CEPSA	15W40	NO REQUERIDO

Fuente: Datos propios

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 2 esto quiere decir que se encuentra entre los límites aceptables como ANORMAL. Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente.

El único metal que se puede considerar en el análisis realizado por el laboratorio LUCALZA de metales de desgaste es el cromo, proveniente del recubrimiento de los anillos del pistón, este resultado también es un indicador de las grandes concentraciones de emisiones en la combustión registradas en este bus.

Unidad de transporte público (Bus rojo 1)

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
INTERNATIONAL DT408 TURBO	3	AMALIE	50	REQUERIDO

Fuente: Datos propios

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 3 esto quiere decir que se encuentra entre los límites ANORMALES, pero con una tendencia a un estado CRITICO. Se sugieren cambio de aceite y filtro por el grado de contaminación. En el sistema de radiador se identificaron fugas, de los cuales se han trabajado con aditivos anti fugas. No fue posible evaluar las compresiones por el tipo de motor que posee, y la inyección que se encuentra bajo la tapadera de válvulas. Se cuentan con problemas en uno de los inyectores ya que se pudo evidenciar presencia de diésel sin combustión completa a la salida del escape. Las revoluciones medidas se encuentran en ralentí a 351RPM.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Unidad de transporte público (Bus rojo 2)

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
Nav1-DT466E INTERNATIONAL	3	AMALIE	50	REQUERIDO

Fuente: Datos propios

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 3 esto quiere decir que se encuentra entre los límites ANORMALES, pero con una tendencia a un estado CRITICO. Se sugieren cambio de aceite y filtro por el grado de contaminación. La dilución del combustible es algo significativo ya que ocasiona que la viscosidad del lubricante disminuya, donde se debe buscar la fuente de fuga del combustible entre los inyectores o las líneas.

La viscosidad ha disminuido considerablemente como se ha mencionado la dilución de lubricante y combustible, esto reduce el aceite del motor, reducción de lubricidad y la solidez de la película lo que ocasiona un incremento desgaste. Existen perdidas de compresión, ya que se fugan los gases de escape en el carter del sistema de lubricación y son expulsados por la varilla de inspección del nivel de aceite. Como un factor que puede ocasionar problemas eléctricos al momento de instalar la celda es el régimen de carga de 13.7 V teniendo como régimen normal por encima de los 14V en DC.

Unidad de transporte público (Bus rojo 3)

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
INTERNATIONAL DT408	2	AMALIE	50	NO REQUERIDO

Fuente: Datos propios

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 2 esto quiere decir que se encuentra entre los límites aceptables como ANORMAL. No

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

requiere una acción de mantenimiento en forma urgente pero es evidente el desgaste del motor.

Se pueden observar tendencias de dilución de combustible en el lubricante, pero se encuentra moderadamente bajo, esto ocasiona que disminuya la viscosidad debajo del grado indicado. Al igual que los motores de los autobuses #1 y #2 este motor visualmente es apreciable que presenta pérdida en relación de compresión de la cámara de combustión, porque los gases de combustión son fugados al carter del sistema de lubricación, expulsando los gases de combustión por la varilla de inspección, aunque este motor presenta menor expulsión de gases por dicha varilla es evidente que no está en buenas condiciones.

Adicionalmente al momento de poner en marcha el motor, por la tubería del Turbo alimentador, es expulsado humo de coloración azulada que suponemos proviene de la combustión de aceite, la cual es fugada en el eje del turbo, esto lo comprobamos al abrir la tubería de alimentación de aire, pudiendo observar que existe aceite en una tubería donde solo debería de existir aire.

Unidad de transporte público (bus rojo 4)

Motor	Grado de Severidad	Marca Aceite	Grado Viscosidad	Mantenimiento del motor
MERCEDES BENZ OM352	3	AMALIE	50	REQUERIDO

Fuente: Datos propios

Según el reporte de análisis de lubricante realizado cuenta con un grado de severidad 3 esto quiere decir que se encuentra entre los límites ANORMALES, pero con una tendencia a un estado CRITICO. Se sugieren cambio de aceite y filtro por el grado de contaminación.

Se debe inspeccionar la fuente de fuga del lubricante y que ocasiona la dilución de lubricante combustible ya que según los resultados es algo significativo lo que pueda

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

ocasionar un mayor desgaste en las piezas. Se aprecia que este motor tiene una falla considerable en un cilindro ya que el sonido del motor en la combustión no está parejo, además que en los gases de escape expulsa diésel sin combustionar.

Se aprecian varias fugas de aceite además de encontrar un tubo de la inyección de diésel reparado con material epóxido. En el sistema de enfriamiento específicamente en el radiador se aprecia la utilización de tapa fugas y la falta del tapón del radiador. En el régimen de carga eléctrica se tiene un problema con el alternador ya que este no está entregando nada de carga a la batería, la batería es la única que está soportando el funcionamiento eléctrico del autobús.

Según los resultados del análisis a los gases de combustión y la supervisión visual que se hizo a los buses e evidencia que estos presentan desgastes mecánicos ocasionados por ser un modelo antiguo y que los mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria no tienen un programa periódico para el buen funcionamiento. Los buses denominados rojos presentan el mayor desgaste, marcados como de grado 3 en el nivel de “severidad”.

6. Descripción de la instalación de GPRS en las unidades automotrices.

Los 8 buses de este proyecto fueron acondicionados con una sonda que permite registrar y posteriormente evaluar el consumo de combustible de cada unidad, velocidad media, rendimiento de combustible.

A continuación se presenta la metodología que se utilizó para implementar el sistema de medición de GPRS, esto incluye la instalación de un GPS en tiempo real y una sonda que mide el combustible en tiempo real del transporte.

- a) Se realizaron mediciones eléctricas para la búsqueda de la señal para accionar el sistema de control automático de la sonda de consumo de diésel y el GPS.
- b) Instalación de caja del GPS y antena satelital.
- c) Vaciado del tanque de diésel con una bomba de combustible.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

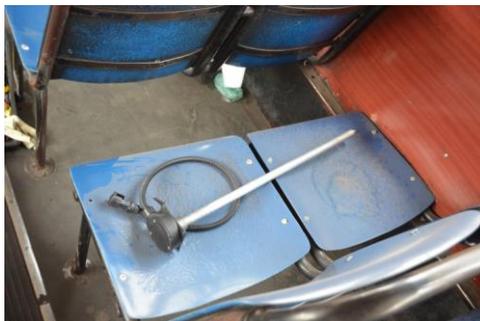
- d) Abrir el compartimiento interno para manipulación del tanque de combustible.
- e) Perforación de tanque para instalación de la sonda de medición interna.
- f) Barrenar tanque de combustible para colocación de sonda.
- g) Pegar con silicón negro la sonda al tanque de combustible.
- h) Sujetar con tornillos busca rosca, la sonda al tanque de combustible.

Calibración del Tanque de diésel

- a) Para realizar la calibración se realiza la medición de la sonda llena, antes de ser instalada en el tanque de combustible.
- b) Se vació todo el tanque de diésel por medio de una bomba de diésel.
- c) Inicio del programa del controlador automático, e inicio de los puntos de medición.
- d) Para calibración de sonda y por el tamaño del tanque se decidió medir cada 25 litros hasta llenar el tanque de combustible (para las 8 muestras se cuentan con tanques de 20 hasta 60 galones). El equipo que se utilizó fue una bomba de diésel con contador en litros y el programa para calibración de la sonda y GPS.
- e) Ajustes eléctricos en el GPS.

Fotografías de la instalación del sistema GPRS junto a la sonda de medición de combustible, de acuerdo a la descripción anteriormente mencionada.

Sonda de medición antes de Iniciar la instalación



Perforación del tanque de combustible en una unidad de transporte.



Fuente: Fotos propias

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Sonda instalada en el tanque de combustible



Técnicos del IRE y Altereco21 en instalación



Fuente: Fotos propias

Debido a que el tanque del transporte rojo en su inspección se encontró fugas y se optó por desmontar el tanque y soldar los puntos.



Fuente: Fotos propias

Dificultades de las instalaciones de la sonda

En cada transporte las instalaciones tuvieron un grado de dificultad, esto por el deterioro de las unidades. Para algunos transportes como el BUS1, BUS4 y camión BIOTASH1 se desmontó el tanque de combustible. El BUS4 fue el que mayor deterioro se pudo encontrar ya que contaba con varias fugas de diésel las cuales fueron soldadas para evitar derrame del diésel. Para el BUS3 se perforó la parte baja del bus para colocar la sonda de consumo diésel. La sonda ha sido efectiva para los propietarios de los buses rojos, con esta se ha podido identificar el robo de combustible estimada alrededor de 10 galones de

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

diésel diarios, esta situación ya se ha resuelto y por ahora no se ha detectado más robos en uno de los buses rojos.

Aplicación de la tecnología híbrida GPRS para el monitoreo del rendimiento de combustible.

El uso de técnicas de localización basadas en la combinación GSM/GPRS de señales provenientes de diferentes sistemas es una opción importante para monitorización vehicular y evaluar el rendimiento de combustible. El sistema GSM/GPRS utilizado en este proyecto para caracterizar posicionamiento y velocidad, litros de combustible, a través de internet está compuesto por un ordenador portátil, el cual contiene la aplicación que permite obtener las medidas de este proyecto, un receptor GSM, y un receptor GPS, que se comunican con el ordenador a través de puertos serie. El receptor GSM se comunica con la red GSM y guarda la información relevante de las diferentes estaciones base de las que recibe señal, análogamente, el receptor GPS se comunica con los satélites GPS guardando los datos útiles para la aplicación.

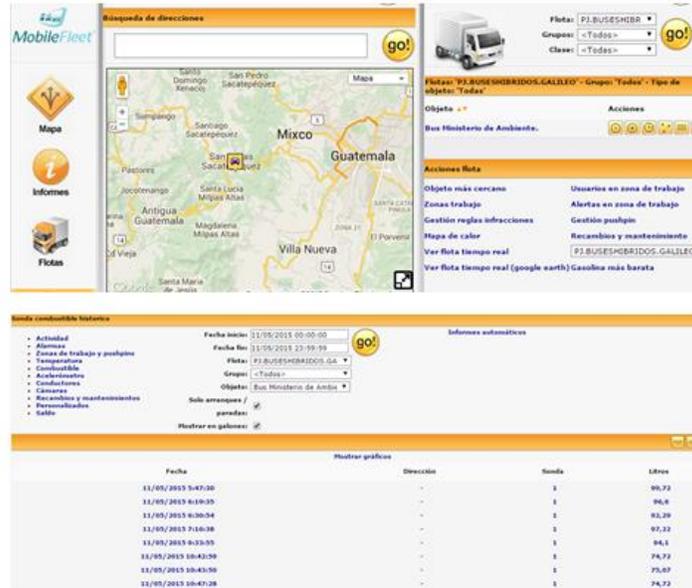


La siguiente figura muestra la imagen que se observa en el ordenador empleando la tecnología GSM/GPRS a través de <http://la.mobilefleet.es/>.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Visualización de mapa GPRS de los transportes



Fuente: Mobile Fleet para este proyecto.

Medición del rendimiento de consumo y kilometraje de las unidades automotrices

Los cuadros modelo que se presentan a continuación ejemplifican la medición de las unidades automotrices durante un período de una semana. Estas mediciones se han llevado a cabo a lo largo de 6 semanas para evaluar el rendimiento de las unidades.

Medición ejemplo del Bus MARN

Fecha	Tiempo total en movimiento	Tiempo total en ralentí	Tiempo total parado	Kms recorridos (total)	galones inicial	Galones finales	Galones consumido	km/gal	Velocidad máxima	Velocidad media	Huella de Carbono (Kg CO2)
04/05/2015	00.03:22:33	00.00:18:27	00.10:20:33	49	21.81	14.81	7.00	7.00	55	10.63	1.31
05/05/2015	00.02:48:27	00.00:15:12	00.09:45:02	43	14.81	9.54	5.27	8.16	53	11.95	1.15
06/05/2015	00.03:00:52	00.00:19:20	00.09:16:17	51	40.44	34.49	5.95	8.57	49	12.05	1.37
07/05/2015	00.02:38:37	00.00:16:00	00.09:33:28	45	37.32	31.86	5.46	8.24	57	11.92	1.21
08/05/2015	00.02:49:11	00.00:08:56	00.09:47:45	45	31.86	26.16	5.70	7.89	60	12.76	1.21
	00.14:39:40	00.01:17:55	02.00:43:05	233			29.38		60	11.86	6.24

Fuente: Excel con datos de Mobile Fleet

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Visualización de medición de consumo de combustible en transporte MARN



Fuente: Mobile Fleet

El registro histórico se visualiza en tablas, en esta se puede verificar el recorrido de la unidad en kilómetros, galones consumidos, rendimiento de km/galón, velocidad máxima y velocidad media en tiempo real. Con los datos de la tabla se puede obtener un gráfica que dibuja el consumo de combustible en el tiempo, es evidente en la gráfica el momento en el cual el tanque es está vacío y es llenado, situación que se presenta con una vertical en la gráfica.

Medición ejemplo del camión recolector de desechos BIOTRASH2

Fecha	Tiempo total en movimiento	Kms recorridos (total)	galones iniciales	galones finales	galones consumido s	km/galó	Velocidad máxima	Velocidad media	Huella de Carbono (Kg CO2)
16/09/2015	00.01:46:08	30	9.80	6.40	3.40	8.82	66	9.77	0.80
17/09/2015	00.01:45:49	30	28.07	24.94	3.13	9.58	54	7.51	0.80
18/09/2015	00.01:32:00	30	24.94	20.60	4.34	6.91	52	6.97	0.80
19/09/2015	00.03:25:34	57	20.60	14.62	5.98	9.53	53	9.07	1.53
	00.08:29:31	147			16.85		66	8.33	3.94

Fuente: Elaborado en Excel con datos de Mobile Fleet

Visualización de medición de consumo de combustible en transporte BIOTRASH2



Fuente: Mobile Fleet

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Medición ejemplo del Bus1

Fecha	Tiempo total en movimiento	Tiempo total en ralentí	Tiempo total parado	Kms recorridos (total)	Galones inicial	Galones final	Galones consumido	km/gal	Velocidad máxima	Velocidad media	Huella de Carbono (Kg CO2)
18/05/2015	00.10:36:46	00.02:59:07	00.01:12:58	147	40.13	23.77	16.36	8.99	54	9.66	3.94
19/05/2015	00.10:21:31	00.02:25:57	00.01:50:02	144	38.26	23.52	14.74	9.77	63	9.78	3.86
20/05/2015	00.09:07:57	00.03:15:15	00.02:26:04	141	38.55	24.25	14.30	9.86	60	9.34	3.78
21/05/2015	00.10:38:12	00.02:20:34	00.01:59:19	150	38.91	23.52	15.39	9.75	63	9.71	4.02
22/05/2015	00.10:26:15	00.02:47:05	00.01:32:31	133	37.09	23.36	13.73	9.69	53	9.18	3.56
23/05/2015	00.09:02:30	00.02:29:35	00.03:09:33	149	38.21	25.46	12.75	11.69	56	11.07	3.99
	02.12:13:11	00.16:17:33	00.12:10:27	864			87.27		63	9.79	23.16

Fuente: Elaborado en Excel con datos de Mobile Fleet

Visualización de medición de consumo de combustible en transporte BUS1



Fuente: Mobile Fleet

Medición Bus4 semana 13 al 17 de Julio

Fecha	Tiempo total en movimiento	Tiempo total en ralentí	Kms recorridos (total)	GALONES INICIALE	GALONES FINALES	GALONES CONSUMID OS	KM/GALC	Velocida d máxima	Velocidad media	Huella de Carbono (Kg CO2)
13/07/2015	00.09:52:38	00.03:30:55	144	43.31	31.15	12.16	11.84	52	8.97	3.86
14/07/2015	00.09:53:41	00.03:05:09	129	43.47	32.26	11.21	11.51	52	8.69	3.46
15/07/2015	00.10:26:53	00.03:26:59	141	38.87	26.29	12.58	11.21	64	9.04	3.78
16/07/2015	00.10:07:30	00.03:10:17	136	37.50	25.23	12.27	11.08	63	8.88	3.64
17/07/2015	00.09:50:56	00.03:25:46	126	35.72	24.74	10.98	11.48	55	8.09	3.38
	02.02:11:38	00.16:39:06	676			59.20		64	8.73	18.12

Fuente: Elaborado en Excel con datos de Mobile Fleet

Visualización de medición de consumo de combustible en transporte BUS4



Fuente: Mobile Fleet

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

En esta gráfica se puede evidenciar el robo de combustible, al momento de llenar el tanque diariamente a las 19:20 horas, la gráfica muestra una anomalía al momento que disminuye considerablemente el volumen del tanque de combustible en un tiempo de 10 minutos.

7. Análisis del rendimiento de las unidades automotrices.

El sistema GPRS ha permitido el monitoreo de las unidades en 12 semanas de trabajo continuo, los resultados que se muestran a continuación registran los valores medios recopilados en este tiempo. Resultados de las mediciones realizadas de consumo de diésel en las 8 unidades de transporte sin el sistema de HHO

TABLA I DE REGISTRO DE RENDIMIENTO DE 3 UNIDADES DEL PROYECTO

Parámetros	Bus MARN		BIOTRASH 1		BIOTRASH 2	
	Día	mes	Día	mes	Día	mes
Horas trabajadas	4.5	90	8	160	2	32
Kilómetros recorridos	46.8	1,048	77.75	1650	50	636
Galones consumidos	6.19	127	3.17	78.42	6.038	76.12
Costo de galones consumidos	Q113.58	Q2,330.45	Q58.17	Q1,439.01	Q110.80	Q1,396.80
Velocidad media	10.25	11.2	10.98	13.75	8.77	8.77
km/galón	7.56	8.25	24.53	21.04	8.21	8.36

Fuente: Datos propios

La tabla registra las horas trabajadas por mes, es evidente la no uniformidad en las horas de trabajo dado que manejan distintas rutinas en el mes. La unidad Biotrash 2 es la que presenta la menor cantidad de horas de trabajo, sin embargo presenta un gasto de combustible similar a la unidad Biotrash 1 que tiene 160 horas trabajadas, es decir hasta 4 veces más horas de trabajo que la unidad Biotrash 2.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

La velocidad media de las unidades es similar, se asume que circulan por la ciudad con una velocidad media 11.24 m/s. En este grupo la unidad Biotrash 1 presenta el mejor rendimiento en 21.04 km/galón, este se debe que es la unidad con modelo más reciente (2007) y su motor es de menor cilindrada que los otros de este grupo, esto hace que los costos de gasto de combustible sean menores en comparación con los gastos generados por el bus MARN que tiene menor cantidad de kilómetros recorridos y mayor costo de combustible.

TABLA II DE REGISTRO DE RENDIMIENTO DE 5 UNIDADES DEL PROYECTO

Parámetros	BUS ROJO 1		BUS ROJO 2		BUS ROJO 3		BUS ROJO 4		BUS ROJO 5	
	Día	mes								
Horas trabajadas	15	300	15	270	15	135	15	180	15	290
Kilómetros recorridos	142.2	3,040	140.8	2,401	149	1,261	123.25	1,514	145	2925
Galones consumidos	15	341	22.81	357.58	17.5	156.56	11.86	131.98	17	350
Costo de galones consumidos	Q275.25	Q6,257.35	Q418.56	Q6,561.59	Q321.13	Q2,872.88	Q217.63	Q2,421.83	Q311.95	Q6,422.50
Velocidad media	8.58	8.58	10.47	10.47	10.44	10.44	8.7	8.7	9.4	9.8
km/galón	9.5	8.9	6.2	6.7	8.5	8.1	10.4	11.5	8.5	8.4

Fuente: Datos propios

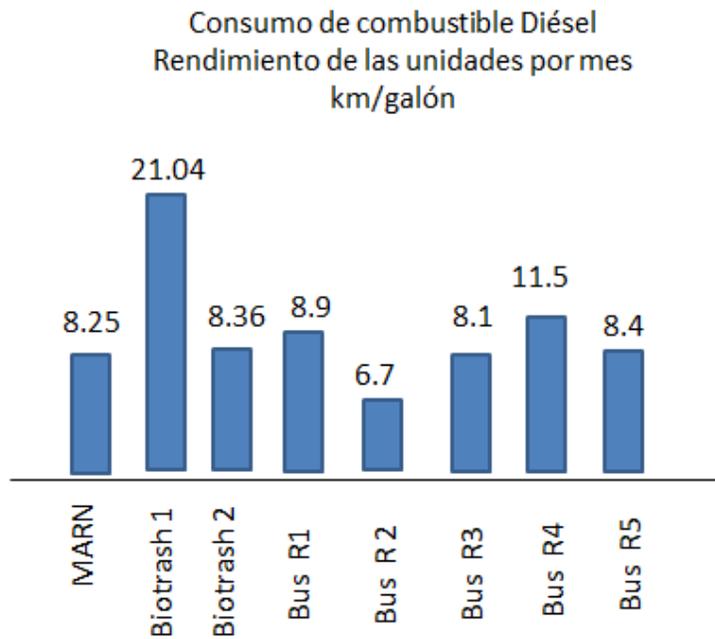
En esta tabla se agrupan los buses denominados “rojos”, que según los estudios del aceite lubricante presentan un grado de severidad número 3 marcado como ANORMAL a crítico. Estos buses presentan la mayor cantidad de kilómetros recorridos en comparación con el primer grupo (TABLA I), según los pilotos de estos buses, la cantidad de horas y kilómetros recorridos se debe a la demanda de población en el uso de este transporte que circula por la ciudad de Guatemala, en promedio cada bus es utilizado por 700 personas /día, con un valor de Q 1.00 por pasajero. Estos buses circulación en el tránsito congestionado de la ciudad, de las 5:00 am hasta las 19:00 horas, todos con el mismo piloto sin cambio de turno rotativo.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Dos factores son importantes resaltar que no permiten la uniformidad en los datos en cuanto a horas y kilómetros recorridos: sus motores presentan anomalías severas y estos a veces deben entrar a mantenimiento preventivo y/o son sujetos de la delincuencia común que les exige dinero y los pilotos deciden guardar las unidades mientras la ola de violencia en contra de ellos disminuye.

Los resultados reflejan dos puntos límites en cuanto al rendimiento de estas unidades, el primer indicador, límite superior refleja que un bus rojo de transporte público trabaja 300 horas y tiene un gasto de Q 6000/mes, equivalente a \$ 750/mes y el límite inferior refleja que un bus rojo de transporte público trabaja 135 horas /mes con un gasto de Q 2700 /mes equivalente a \$ 338 /mes.



La gráfica que ilustra el gasto de combustible por kilómetro de las unidades sin emplear sistemas híbridos HHO.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Los resultados evidencian que en promedio las unidades en al menos 7 de las unidades tienen un consumo de 8.60 km/galón. Este promedio no es indicativo de la unidad Biotrash 1 que tiene un rendimiento de 21.04 km/galón, esta unidad tiene un motor Hyundai de modelo 2007 el más reciente comparado con las otras unidades.

Otro dato importante que se identifica es el gasto de combustible/mes que se obtiene en las 8 unidades automotrices asciende a Q 30,000.00 equivalente a \$ 3750.00 para un recorrido total de 14,475 kilómetros, esto establece un indicador macro de rendimiento de Q 2.07 /km equivalente a \$ 0.25/ km.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

8. Análisis de las emisiones gaseosas de las unidades automotrices.

La medición de gases de escape se realizó con el transporte en ralentí, en otras palabras, el motor encendido en estado estacionario; dentro de las actividades realizadas se encuentra el análisis de gases y pruebas de opacidad. El analizador de gases utilizado es el equipo National Instruments E4400 y el opacímetro utilizado es NHT-6 Nanhua; los parámetros de dichos instrumentos se muestran a continuación.

Tabla: Rango de análisis de equipos de medición

Parámetro	Rango de análisis
Analizador de gases	
Temperatura de gas	-20 a 1250°C
Temperatura de aire	-10 a 100°C
O ₂	0-25%
CO	0-8000 ppm
NO	0-5000 ppm
SO ₂	0-5000 ppm
NO _x	0-1000ppm (calculado)
CO ₂	0-99.9% (calculado)
Exceso de aire	0-850% (calculado)
Eficiencia	0-100% (calculado)
Opacímetro	
Por ciento de Opacidad	0-99.99 %
Coefficiente de absorción de luz	0 a 16 m ⁻¹
Tempera de aceite	-50 a 120 °C

Fuente: Elaboración propia con datos de fabricantes.

El analizador de gases está diseñado para estimar la cantidad de contaminante que el motor emite a la atmosfera a través del escape, los parámetros que se tomarán en cuenta para la el trabajo serán el CO, NOX, y SO2. Dichos parámetros se encuentran regulados a nivel internacional; se pueden mencionar dos normas: la EPA (US Environmental Protection Agency) que regula las emisiones de flotilla en los Estados Unidos y la EURO que es la Normativa Europea sobre emisiones.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Los resultados que se encontrarán más adelante se comparan con la norma EURO, ya que el analizador que se posee opera con los parámetros de dicha norma que es g/kWh. La norma EPA trabaja con valores que utilizan dimensionales g/km; dicha dimensional creó dificultad ya que para trabajarla se debe conocer el poder calorífico del combustible.

Metodología para tomar datos: opacímetro

1. Armar equipo e iniciar auto-calibración.
2. Preparar vehículo por lo menos 15 minutos antes de realizar la medición, para que alcance una temperatura interna estable.
3. Introducir sonda térmica en lugar de la varilla de aceite.
4. Introducir manguera al escape hasta 30cm de su longitud y colocarla en el suelo sostenido por el pedestal.
5. Esperar 15 minutos (tiempo que el equipo tarda en calentarse) y tomar los datos de porcentaje de opacidad y temperatura de aceite.
6. Se realiza un promedio de 6 a 7 mediciones por prueba de opacidad.
7. Apagar motor del vehículo.
8. Guardar datos y apagar opacímetro.

Metodología para tomar datos: analizador de gases

1. Armar equipo e iniciar auto-calibración.
2. Preparar vehículo por lo menos 15 minutos antes de realizar la medición, para que alcance una temperatura interna estable.
3. Introducir la sonda de medición en el escape.
4. Esperar a que el equipo tome 3 muestras y obtenga un resultado.
5. Apagar motor del vehículo.
6. Guardar datos, imprimir o generar reporte de medición.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Resultados de mediciones

Para el análisis se tomó en cuenta la norma europea EURO III (año 1999) debido a que los transportes del proyecto se encuentran en el año 1995-1999; la norma EURO se encuentra a continuación.

Tabla1: Norma europea EURO

Tipo	Fecha	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	Humo (/m)
Euro I	1992, < 85 kW	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW	4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	Oct. 1996	4.0	1.1	7.0	0.25	
	Oct. 1998	4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	Oct. 1999	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	Oct. 2000	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13*	0.8
Euro IV	Oct. 2005	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	Oct. 2008	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

Fuente: Normas EURO¹

NOTA: En la EURO I y EURO II se ignora la opacidad de los vehículos, en la EURO III se realizó su primera implementación.

Es importante considerar que se buscó referencia en Guatemala de mediciones de emisiones de buses del transporte en la ciudad de Guatemala. No encontró registro de estas emisiones por parte de las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y otras instituciones de investigación.

Actualmente Guatemala no cuenta con un registro sistematizado de las emisiones contaminantes de vehículos, ya que se carece de un reglamento específico para tales mediciones, a solicitud del MARN trabajaremos en conjunto en los meses posteriores para formar una mesa técnica de discusión y socialización de gases contaminantes por emisión de vehículos para apoyar la política pública ambiental y que permita valorar un reglamento técnico de evaluación de emisiones vehiculares.

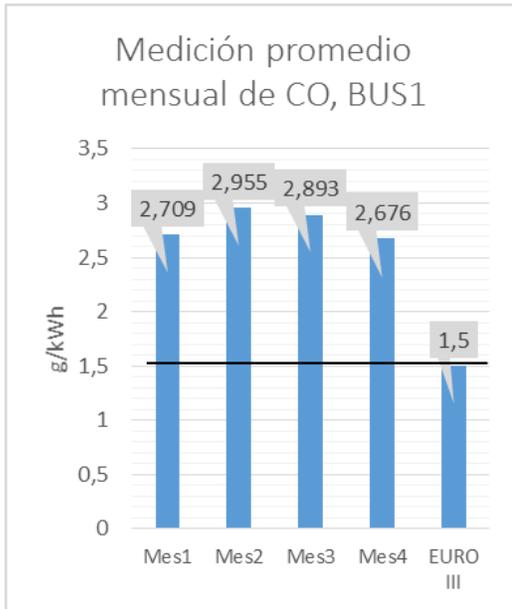
¹ <https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

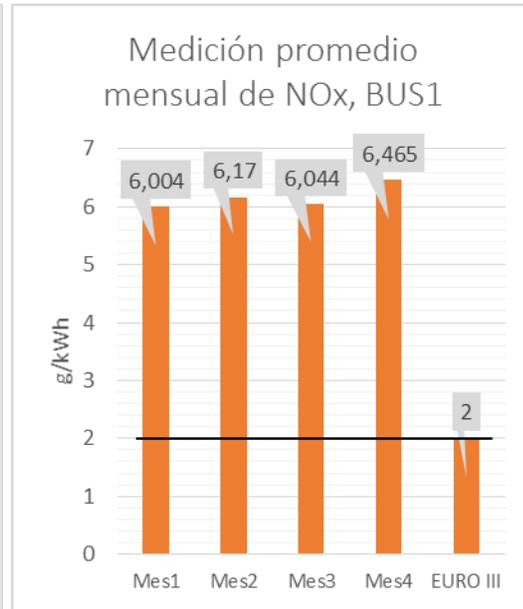
Resultados del BUS1 (Bus rojo la Unión con placa C657BFV)

Tabla 2. Emisión promedio mensual de CO del BUS1



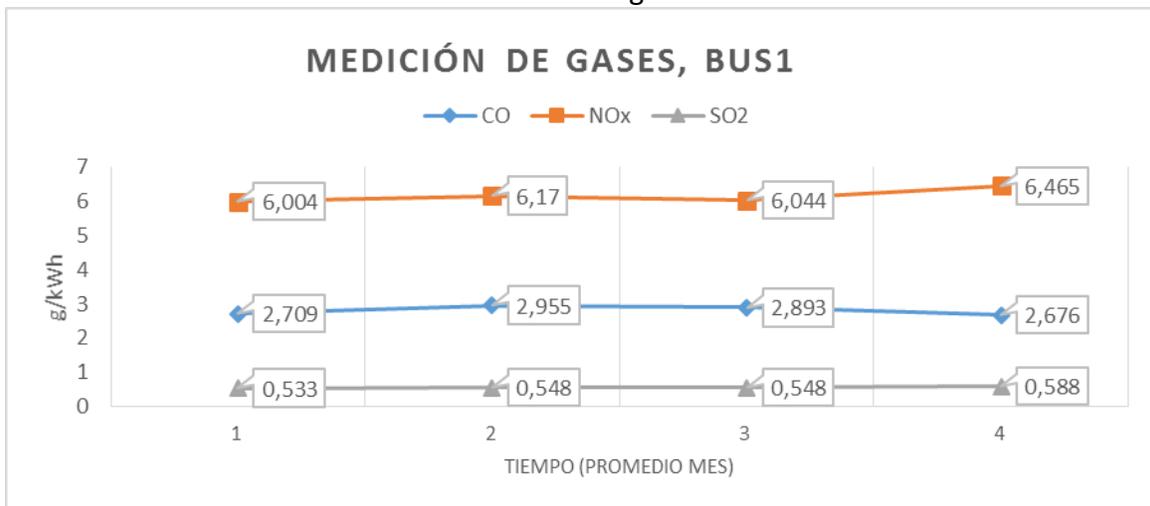
Fuente: Datos originales

Tabla 3. Emisión promedio mensual de NOx del BUS1



Fuente: Datos originales

Tabla 4. Emisiones de gases del BUS1



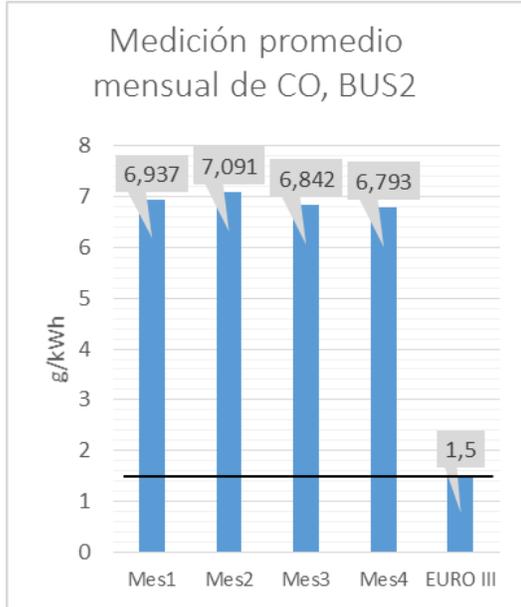
Fuente: Datos originales

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

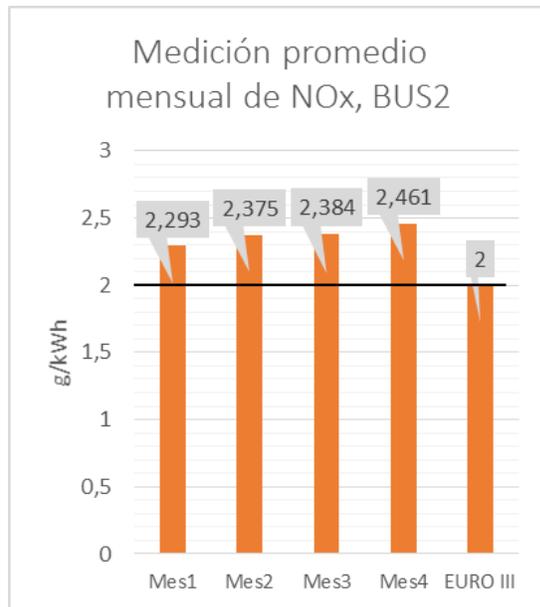
Resultados del BUS2 (Bus rojo la Unión con placa C658BFV)

Tabla 5. Emisión promedio mensual de CO del BUS2



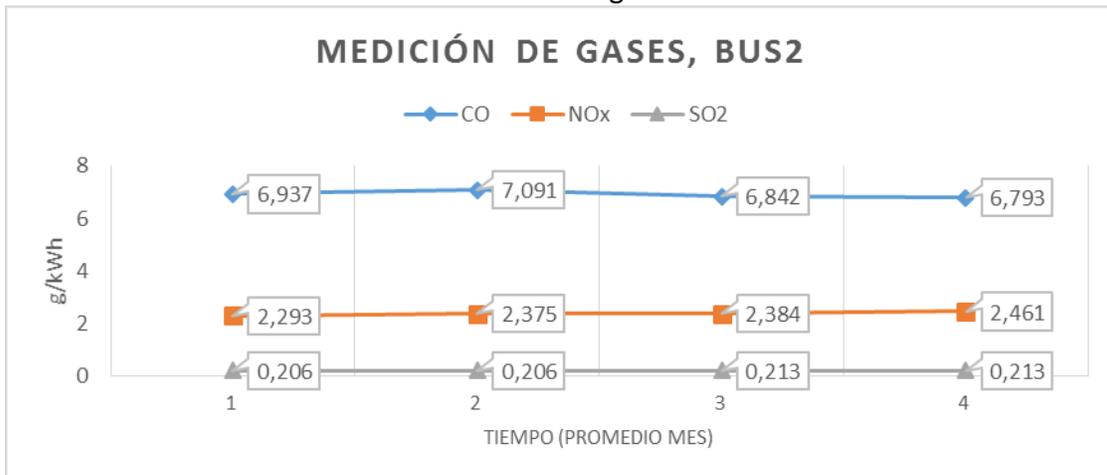
Fuente: Datos originales

Tabla 6. Emisión promedio mensual de NOx del BUS2



Fuente: Datos originales

Tabla 7. Emisiones de gases del BUS2



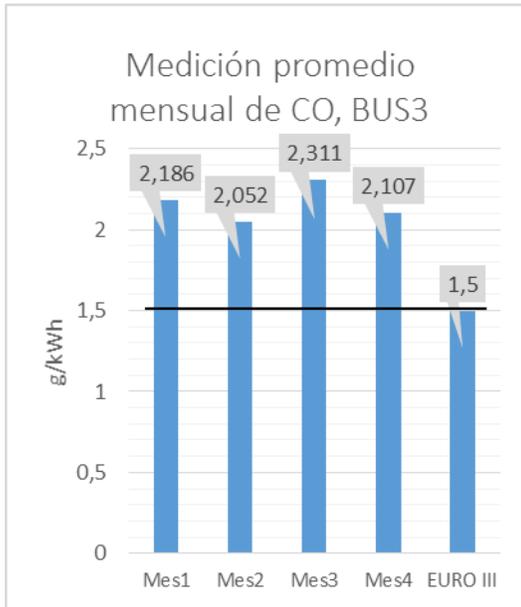
Fuente: Datos originales

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

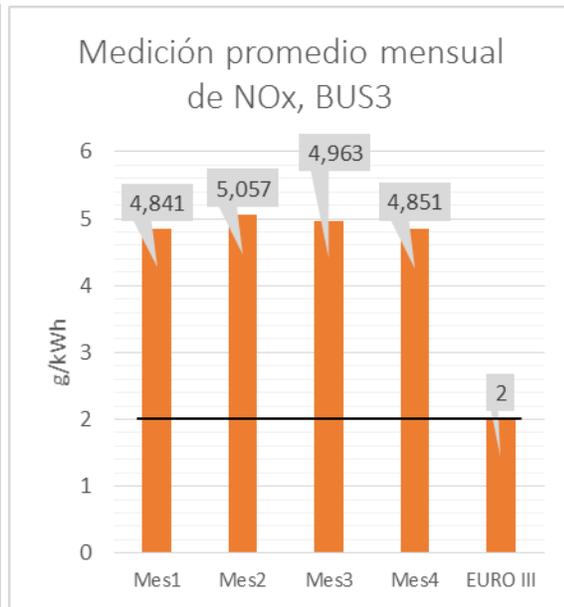
Resultados del BUS3 (Bus rojo la Unión con placa C656BFV)

Tabla 8. Emisión promedio mensual de CO del BUS3



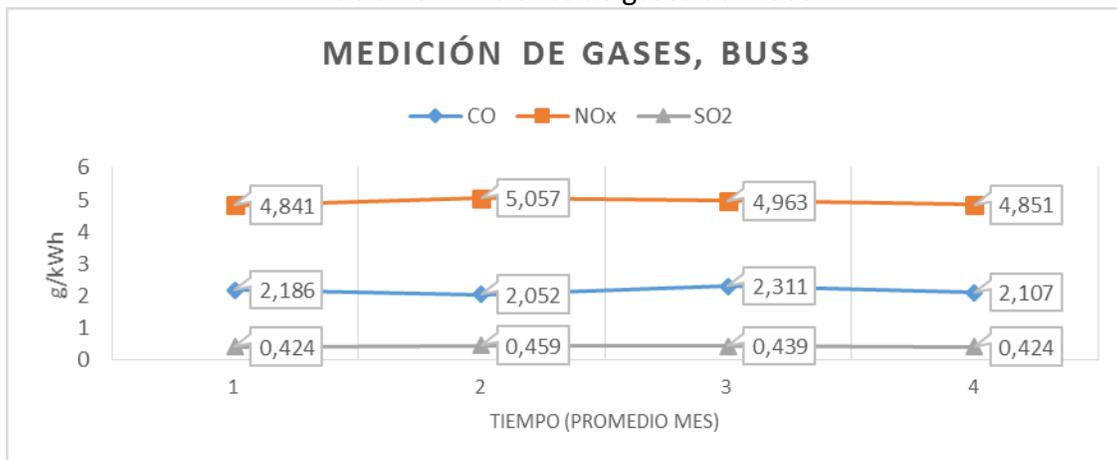
Fuente: Datos originales

Tabla 9. Emisión promedio mensual de NOx del BUS3



Fuente: Datos originales

Tabla 10. Emisiones de gases del BUS3



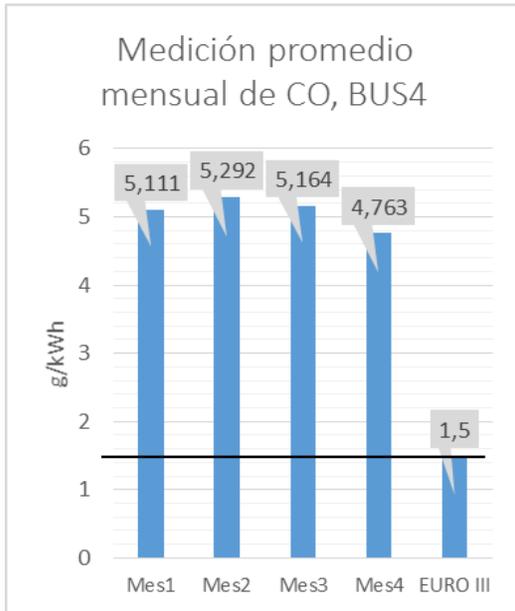
Fuente: Datos originales

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

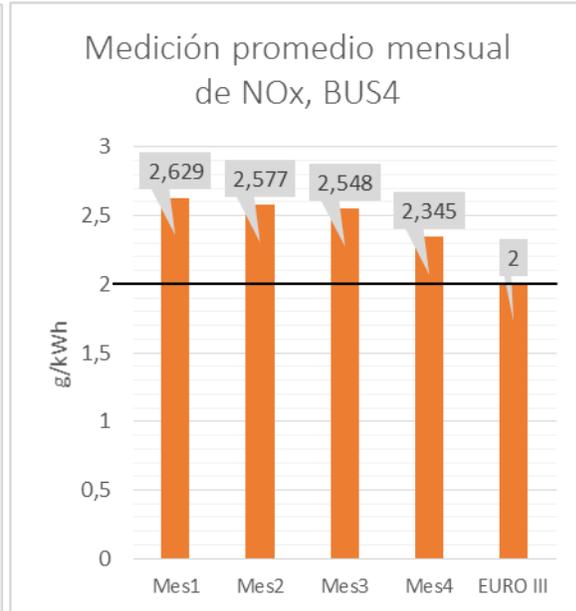
Resultados del BUS4 (Bus rojo la Unión con placa C894BFV)

Tabla 11. Emisión promedio mensual de CO del BUS4



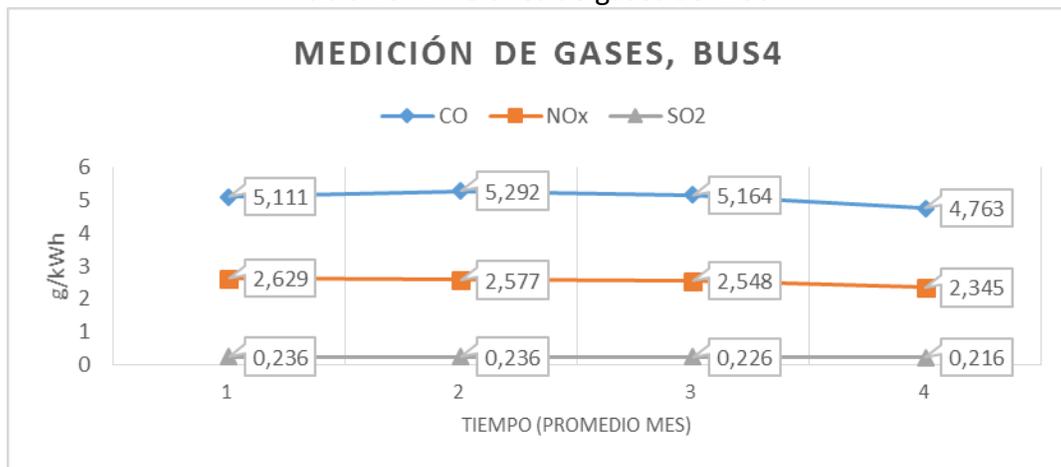
Fuente: Datos originales

Tabla 12. Emisión promedio mensual de NOx del BUS4



Fuente: Datos originales

Tabla 13. Emisiones de gases del BUS4



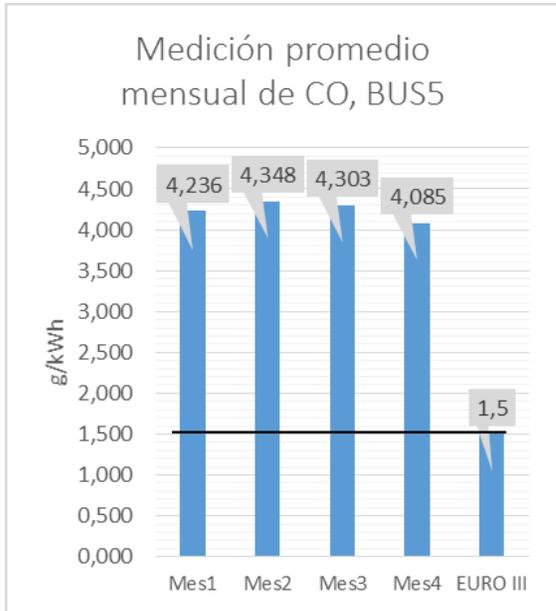
Fuente: Datos originales

Resultados del BUS5 (Bus rojo la Unión con placa)

Primer Informe.

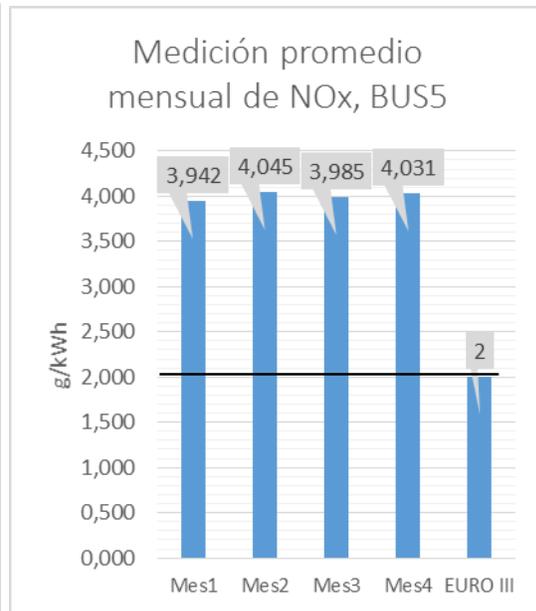
Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Tabla 14. Emisión promedio mensual de CO del BUS5



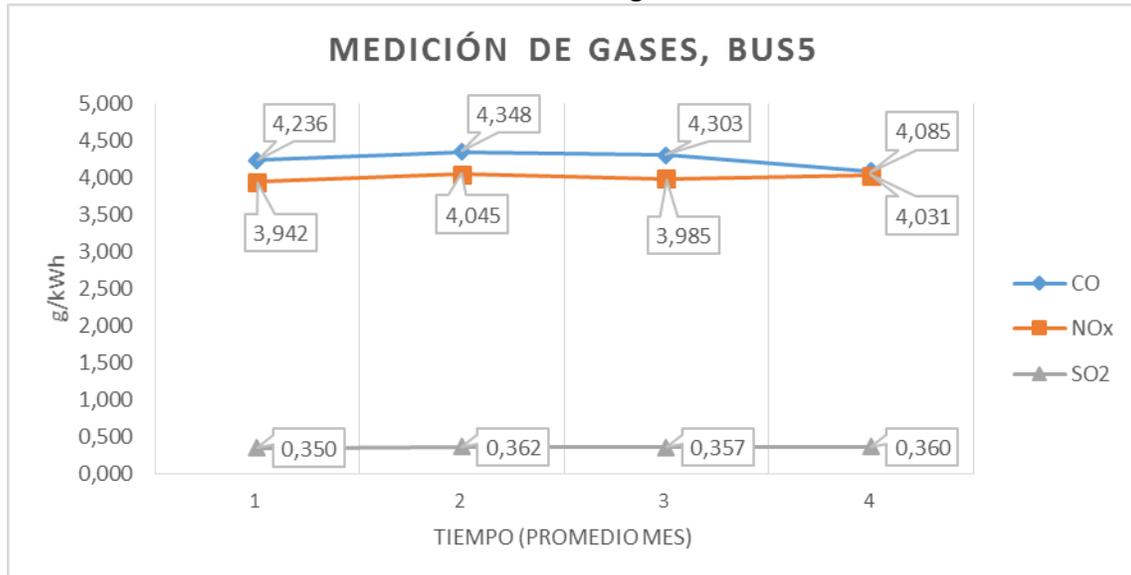
Fuente: Datos originales

Tabla 15. Emisión promedio mensual de NOx del BUS5



Fuente: Datos originales

Tabla 16. Emisiones de gases del BUS5



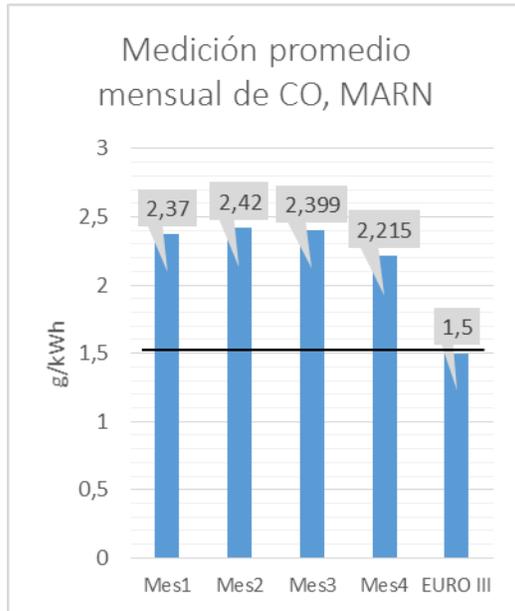
Fuente: Datos originales

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

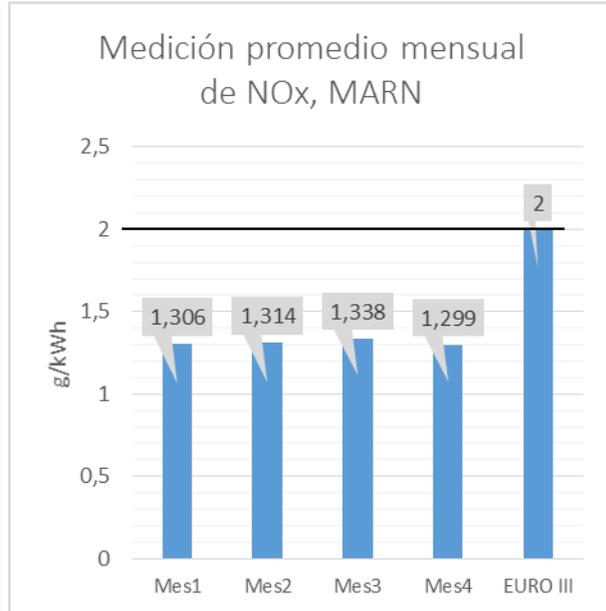
Resultados del MARN (Bus rojo MARN con placa O0580BBH)

Tabla 17. Emisión promedio mensual de CO del MARN



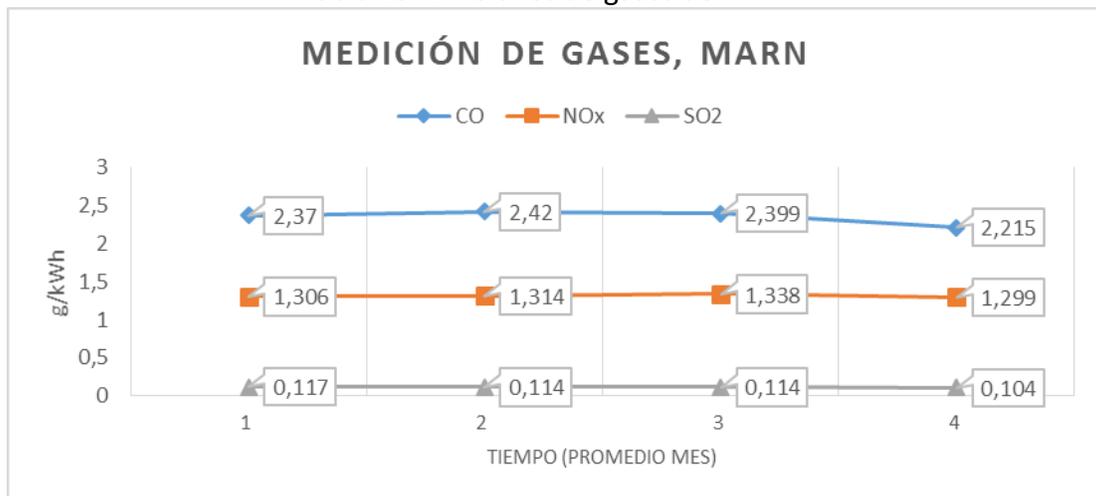
Fuente: Datos originales

Tabla 18. Emisión promedio mensual de NOx del MARN



Fuente: Datos originales

Tabla 19. Emisiones de gases del MARN



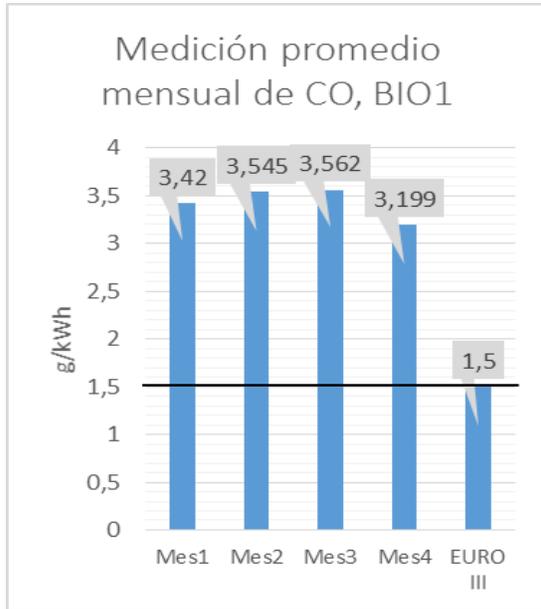
Fuente: Datos originales

Resultados del BIOTRASH1 (Bus rojo la Unión con placa C543BHN)

Primer Informe.

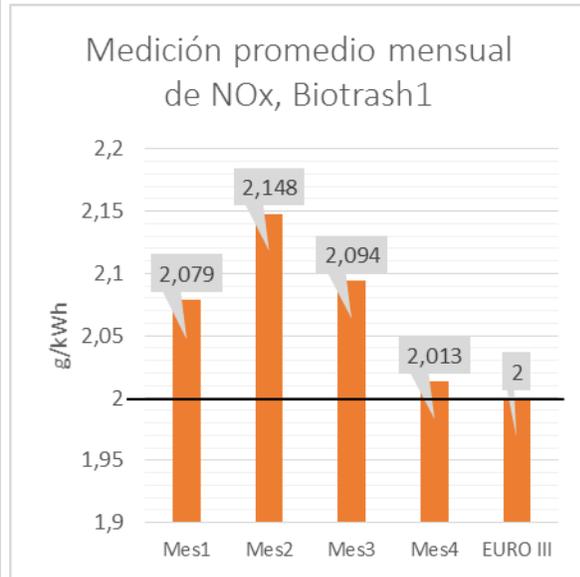
Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Tabla 20. Emisión promedio mensual de CO del BIOTRASH1



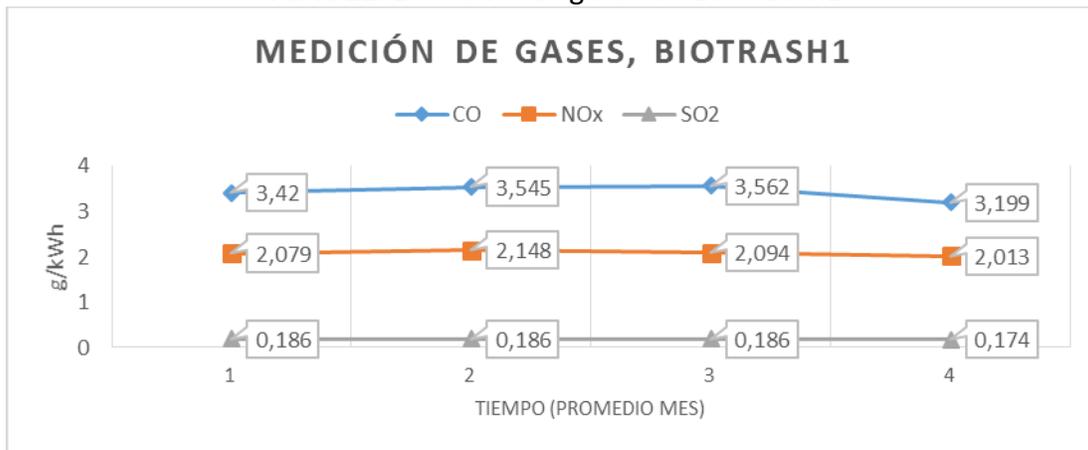
Fuente: Datos originales

Tabla 21. Emisión promedio mensual de NOx del BIOTRASH1



Fuente: Datos originales

Tabla 22. Emisiones de gases del BIOTRASH1



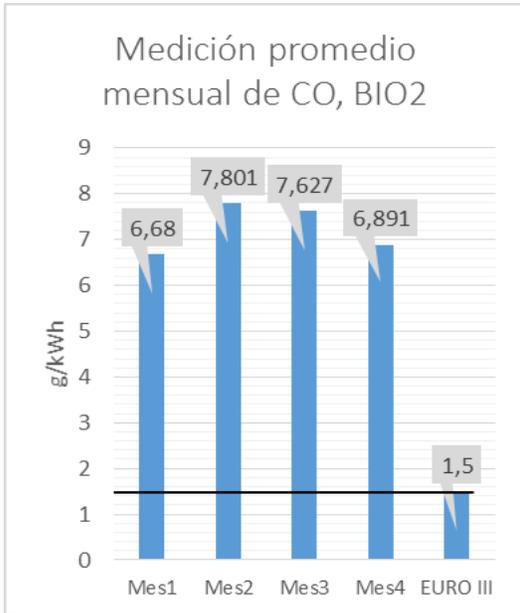
Fuente: Datos originales

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

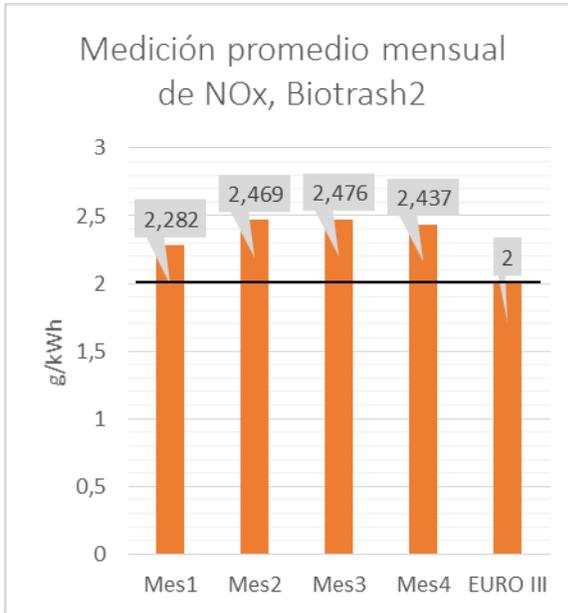
Resultados del BIOTRASH2 (Bus rojo la Unión con placa C299BLT)

Tabla 23. Emisión promedio mensual de CO del BIOTRASH2



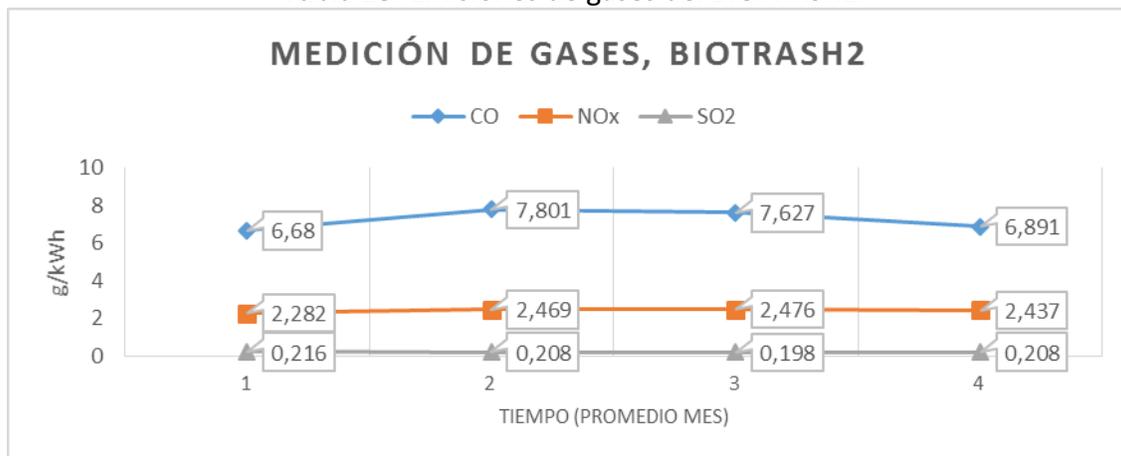
Fuente: Datos originales

Tabla 24. Emisión promedio mensual de NOx del BIOTRASH2



Fuente: Datos originales

Tabla 25. Emisiones de gases del BIOTRASH2



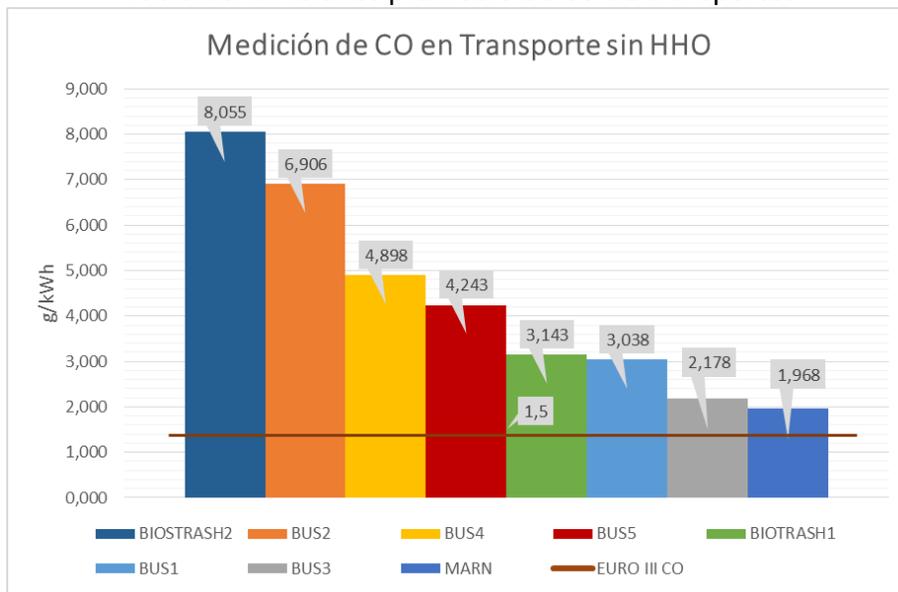
Fuente: Datos originales

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Para realizar una comparación de las emisiones promedio de los transportes se mostrará a continuación en una gráfica de barras; donde se comparan con la norma EURO III cuyo valor máximo permisible es de 2.1 g/kWh y se representa por medio de una línea horizontal que corta las barras verticales.

Tabla 26. Emisiones promedio de CO de transportes



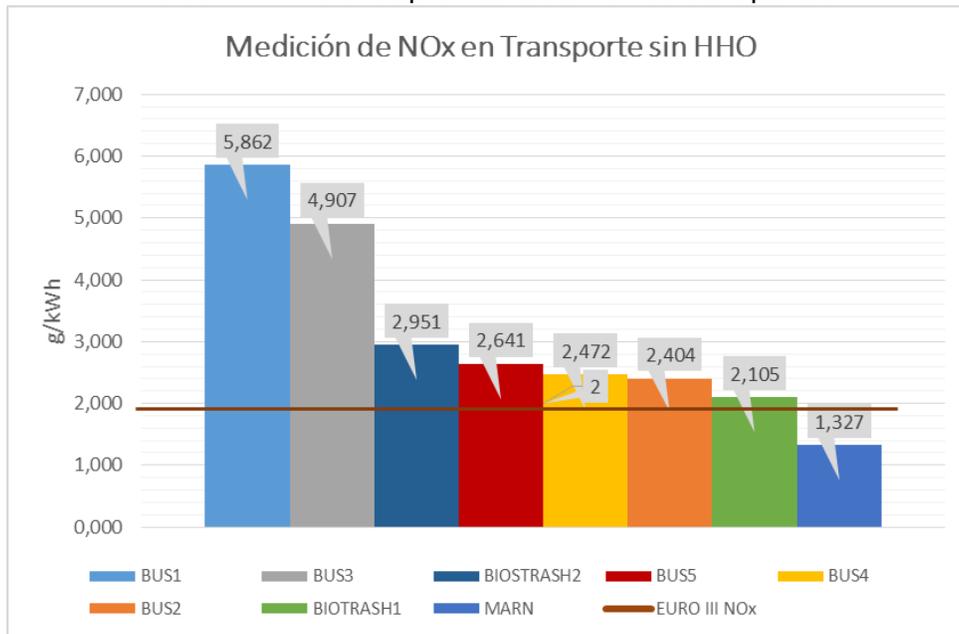
Fuente: Datos Originales

De la tabla se observa que de los 8 vehículos no cumplen con la norma de emisión de CO. El valor más alto de CO es un vehículo de la empresa Biotrash 2, que se encuentran multiplicado por 5.37 al valor permitido por la norma.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Tabla 27. Emisiones promedio de NOx de transportes



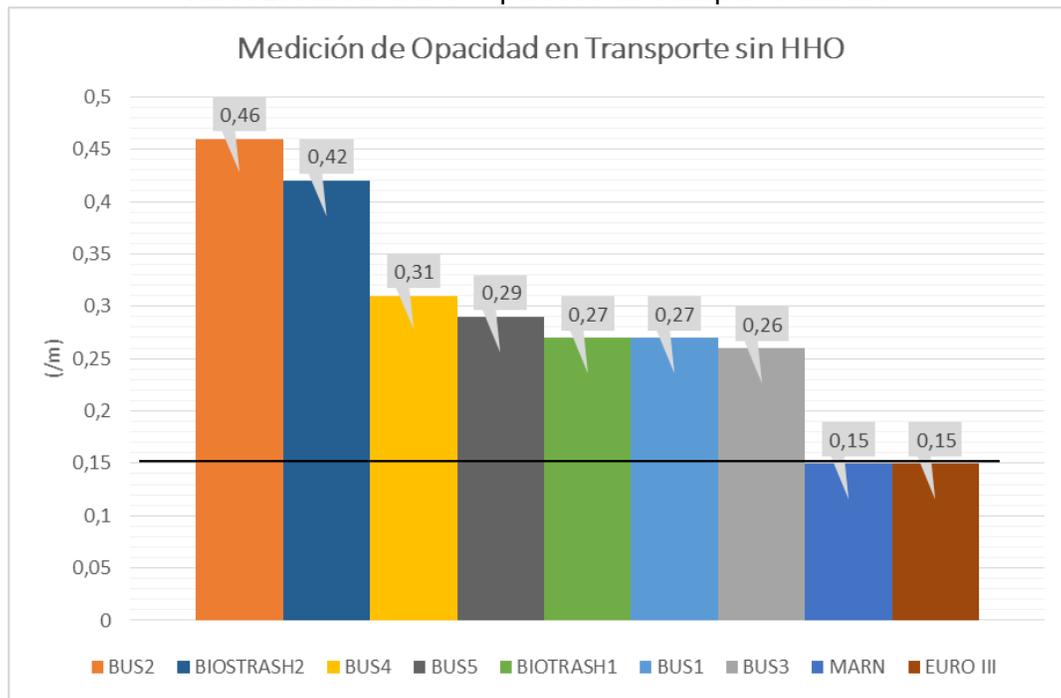
Fuente: Datos Originales

La tabla representa las emisiones NOx de los transportes donde se instaló el sistema HHO. En ella se observa que el BUS1 es el único transporte que sobrepasa la norma de emisión NOx por la EURO III. Los transportes restantes se encuentran cercanos al valor límite máximo permitido por la norma, aunque posiblemente el BUS3 pueda sobrepasar el valor límite por presentar un resultado promedio cercano al límite el cual es 2 g/kWh.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Tabla 28. Medición de Opacidad en transporte sin HHO



Fuente: Datos propios

La opacidad de los gases de escape medidos con el opacómetro, mide el hollín u humo negro que sale por el escape; los valores obtenidos se muestran en la tabla de medición de opacidad. Para su medición la temperatura del aceite del motor no debe ser menor de 55 C; ningún vehículo cumple con la norma EURO III. El transporte del MARN posee el valor más pequeño, aunque no cumpla, y el valor más grande de opacidad lo posee el BUS2.

La exposición al dióxido de azufre (SO₂) a corto plazo puede causar irritación, ardor en ojos, dificultades respiratorias, entre otras a las personas que se encuentran alrededor de la fuente emisora. Según la OMS, El centro de salud de Murcia, entre otras grandes concentraciones de dióxido de azufre es perjudicial para la salud como se muestran en la siguiente tabla.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Tabla 29. Efectos del dióxido de azufre a diferentes concentraciones

Concentración de dióxido de azufre	Efecto
2.620 µg/m ³ (1 ppm)	Individuos asmáticos leves sometidos a ejercicio y expuestos durante 75 minutos mostraron aumento significativo de la sRaw.
5.240 µg/m ³ (2 ppm)	Individuos sanos sometidos durante 30 minutos y realizando ejercicio continuo no mostraron cambios en pruebas de función pulmonar.
7.900-13.000 µg/m ³ (3-5 ppm)	Detección del olor
16.000-31.000 µg/m ³ (6-12 ppm)	Puede causar irritación nasal y de la garganta.
21.000-31.000 µg/m ³ (8-12 ppm)	Puede producir irritación conjuntival y lagrimeo
26.000 µg/m ³ (10 ppm)	Se puede observar irritación en las vías respiratorias superiores y posibles hemorragias nasales.
52.000 µg/m ³ (20 ppm)	Puede causar irritación en los ojos
131.000-262.000 µg/m ³ (50-100 ppm)	Se puede observar irritación grave de los ojos, garganta, tracto respiratorio inferior y lagrimeo, que pueden ser tolerados durante 30 - 60 minutos.
262.000 µg/m ³ (100 ppm)	IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida y la salud; 30 minutos)
1.049.000 µg/m ³ (400 ppm)	Concentración mínima letal en aire durante una exposición de 1 minuto.

Fuente: Murcia Salud²

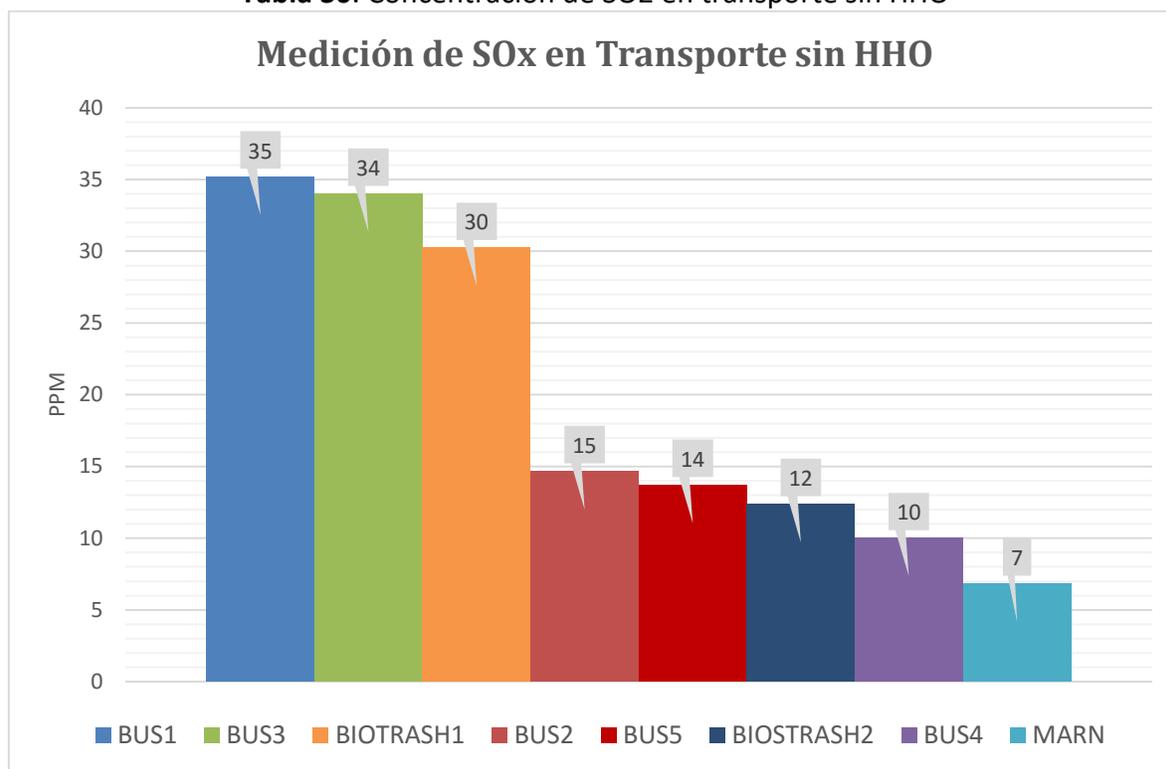
En relación a los efectos del SO₂ a la salud a continuación se presentará una gráfica promedio de las emisiones del dióxido de azufre en los transportes seleccionados para instalar el sistema HHO. Los datos se muestran con dimensional en ppm debido a las normas internacionales de salud establecidas.

² <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180331&idsec=1573#>

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Tabla 30. Concentración de SO₂ en transporte sin HHO



Fuente: Datos originales

De la tabla se muestra que los niveles emitidos a la atmósfera del transporte BUS1, BUS2 y Biotrash1 poseen un nivel elevado de concentración ocasionando que las personas alrededor del transporte sufran irritación a los ojos, malestar de garganta, entre otras. Esta concentración únicamente cumple para mediciones de gases realizadas en el momento. La OMS realizó un estudio sobre las concentraciones de SO₂ en un periodo de 24 horas, de dicho estudio se concluyó que los niveles de dióxido de azufre están significativamente asociados con las tasas de mortalidad diaria en 12 ciudades canadienses en las que la concentración media era de solo 5 µg/m³ o 0.019ppm.³

En resumen las emisiones de SO₂ en las paradas, donde la persona ingresa al transporte, son perjudiciales debido a las altas concentraciones que perjudican la salud del individuo

³ Guías de calidad del aire en la OMS relativas la material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, 2015.

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

provocando irritación en los ojos, los famosos ojos rojos, y problemas respiratorios. La cantidad de aire para quemar por completo en un vehículo no es suficiente para crear una combustión completa debido a la mezcla incompleta entre el combustible y el oxígeno contenido en el aire. Por ello en la práctica se debe aportar más oxígeno, en otras palabras más aire, esta cantidad se le conoce como “exceso de aire”. A continuación se presenta una tabla con otros parámetros medidos por el analizador de gases: temperatura de gas, temperatura ambiente, exceso de aire, eficiencia y O₂.

Tabla 31 Otros parámetros de análisis de gases

	BUS1	BUS2	BUS3	BUS4	BUS5	MARN	BIO1	BIO2
MES1								
T Gas de escape (°C)	86,2	56,5	70,4	64,7	75,5	60,7	76,2	71,5
T Ambiente (°C)	27	28,9	27,1	28,3	27,7	26,5	24,1	28,5
Exceso de aire (%)	515	450	450	850	682,5	597	646	771
Eficiencia (%)	88,6	95,2	92,5	89,3	89,0	92,6	87,8	88,3
O ₂ (%)	17,5	17,1	17,1	18,7	18,1	17,9	18,1	18,5
MES2								
T Gas de escape (°C)	87,2	57	71	65,9	76,6	55,5	81,8	73,5
T Ambiente (°C)	27,1	29	27,1	28,3	27,7	28	24,1	28,6
Exceso de aire (%)	574	450	386	850	712,0	574	674	736
Eficiencia (%)	87,3	95,2	93,3	88,9	88,1	94,2	19,3	88,3
O ₂	17,8	17,1	16,6	18,7	18,3	17,8	18,2	18,4
MES3								
T Gas de escape (°C)	78,3	57,2	69	75,7	77,0	57,6	94,6	78,3
T Ambiente (°C)	25,8	29	29,6	28,5	27,2	26,8	26,8	25,8
Exceso de aire (%)	515	436	450	771	643,0	597	736	515
Eficiencia (%)	89,9	95,3	93,2	87,2	88,6	93,3	82,3	89,9
O ₂	17,5	17	17,1	18,5	18,0	17,9	18,4	17,5
MES4								
T Gas de escape (°C)	80,8	59,1	66,4	75,1	78,0	52,8	87,8	74,2
T Ambiente (°C)	29,2	31	34	28,6	28,9	29,9	28	28,7
Exceso de aire (%)	553	515	364	771	662,0	553	736	704
Eficiencia (%)	89,4	94,6	95,2	87,4	88,4	95,3	84,4	88,6
O ₂	17,7	17,5	16,4	18,5	18,1	17,7	18,4	18,3
Promedio								
T Gas de escape (°C)	83,1	57,5	69,2	70,4	76,7	56,7	85,1	73,5
Exceso de aire (%)	539,3	462,8	412,5	810,5	674,9	580,3	698,0	728,8

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Eficiencia (%)	88,8	95,1	93,6	88,2	88,5	93,9	68,5	88,4
O2	17,6	17,2	16,8	18,6	18,1	17,8	18,3	18,4

Fuente: Datos propios

9. Sistema HHO.

Adjunto se muestra un modelo en 3D del sistema HHO realizado por nuestro grupo de trabajo para ejemplificar cada componente y su función.

Imagen 1. Modelo de sistema HHO



Fuente: Elaboración propia

- **Celda de Hidrogeno:** celdas en donde ingresa el H₂O mezclada con KOH se conecta a la batería del vehículo y se aprovecha la electrolisis para producir hidrógeno y oxígeno gaseoso HHO. El gas de HHO se inyecta a la admisión del vehículo en donde se mezcla el aire, oxígeno e hidrógeno y así poder catalizar el combustible Diésel con hidrógeno.
- **Un depósito de agua,** donde un litro de agua puede generar 1860 litros de gas HHO.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

- **Burbujeador de acero inoxidable**, utilizado para filtrar el gas de HHO antes de ingresar al motor.
- **Tanque de acero inoxidable**, lo que tiene una autonomía de poder recorrer 800 a 1,000km.

10. Instalación y operación de los sistemas HHO

Antes de iniciar con las instalaciones de las celdas de HHO, se debe realizar una inspección del sistema eléctrico, y saber si el régimen de carga de la batería y el alternador están trabajando de una manera eficiente, en esta inspección se debe tomar en cuenta si la unidad de transporte trabaja en 12V o 24V. Dependiendo del voltaje de trabajo de la unidad de transporte se fabrica la celda por parte de Altereco21 según las especificaciones técnicas y diseño establecidos para la unidad automotriz.

En la mayoría de los casos las mayores dificultades se encuentran en tener un espacio para la colocación de la celda de HHO, para los casos de los transportes urbanos “rojos”, la celda se instaló en un espacio que no tenga acceso para el público para evitar los robos de accesorios de los equipos, por lo que se instaló en el compartimiento de la batería, esto ayuda a optimizar los recursos a utilizar como conductores eléctricos. Ya teniendo la ubicación de la celda en las unidades de transporte, la celda debe sujetarse al bus con tornillos y tuercas de tal manera que no tenga movimiento alguno, al momento que el bus este trabajando.

Luego se procede a la búsqueda de la señal eléctrica para conectar la celda, se cuenta con un *relay* el cual se utiliza para accionar la celda al momento de estar encendido el motor, este también se conecta a la batería para poder obtener la corriente necesaria para la electrolisis.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

La señal que conecta la celda debe tener un medidor de corriente el cual, es el equipo que se utiliza para saber si está generando gas de HHO en la celda, para poder obtener la cantidad de 15 a 20 amperios es necesario el hidróxido de potasio al 99% (KOH). Dependiendo de la cantidad de KOH es la cantidad de corriente que se generará en la celda para realizar la electrolisis. La cantidad exacta para obtener 15 a 20 amperios se medirá en la segunda fase del proyecto y así como la concentración o flujo de HHO inyectado al motor y de esta forma evaluar la eficiencia de la electrolisis.

Para poder saber si se está generando el gas de HHO, se enciende el motor y se enciende la celda, al momento que enciende el motor, empieza a trabajar la celda y el gas burbujea en el filtro. Otra forma de saber que se está generando gas de HHO es generado pequeñas explosiones con la llama de un encendedor en el extremo de la manguera conectada a la celda de HHO, esto requiere precaución y evitar que personas sin experiencia alguna ejecuten esta acción.

Por último ya que se instaló todo el sistema eléctrico, la celda ya está sujeta al bus y las mangueras del depósito de agua y burbujeador están instaladas se procede a realizar la entrada de HHO a la admisión del motor. La admisión del motor es donde se inyecta aire para generar la combustión del diésel en la cámara de combustión del pistón. Al momento que se perfora la admisión mezclará el aire del ambiente con el gas de HHO y esta modificación generará una mejor combustión del diésel ya que se está catalizando el combustible.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".



Conexión de manguera de inyección de gas de HHO en el filtro de aire en unidad transporte.

Las fotografías siguientes muestran la instalación de dos sistemas HHO, en la fotografía superior se observa el sistema HHO sujetado a la parte exterior y frontal del bus, en la fotografía inferior se observa el sistema HHO colocado en el compartimiento donde se ubica la batería.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".



Instalación de relé a batería y celda de HHO.

Celda instalada en unidad de transporte público en la parte externa del bus. Vista desde abajo hacia arriba en el bus rojo.

Ya teniendo la ubicación de la celda en las unidades de transporte, la celda debe sujetarse al bus con tornillos y tuercas de tal manera que no tenga movimiento alguno al momento que el bus este trabajando.



Mangueras de inyección gas de HHO, conectadas en el sistema de admisión del motor Diésel.

Primer Informe.

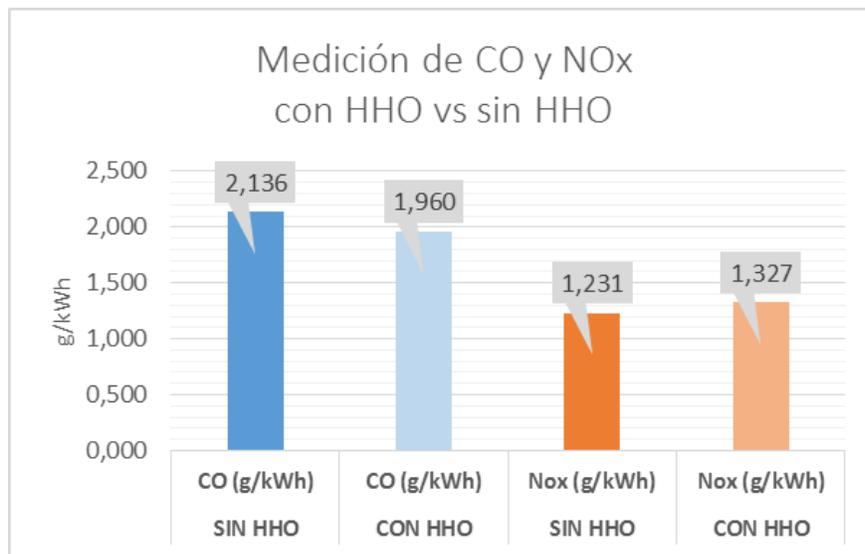
Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

11.Resultados obtenidos con los sistemas HHO en unidades vehiculares.

11.1 Primera medición comparativa en emisiones gaseosas emitidas a la atmósfera.

En el mes de septiembre se comenzó a inyectar HHO al transporte, la primera unidad instalada con HHO es la unidad del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. La tabla siguiente ilustra los resultado preliminares de la medición de dos gases CO y NOx antes de instalar la celda HHO y luego de instalada la celda.

Tabla 32. Medición de gases con HHO vs sin HHO



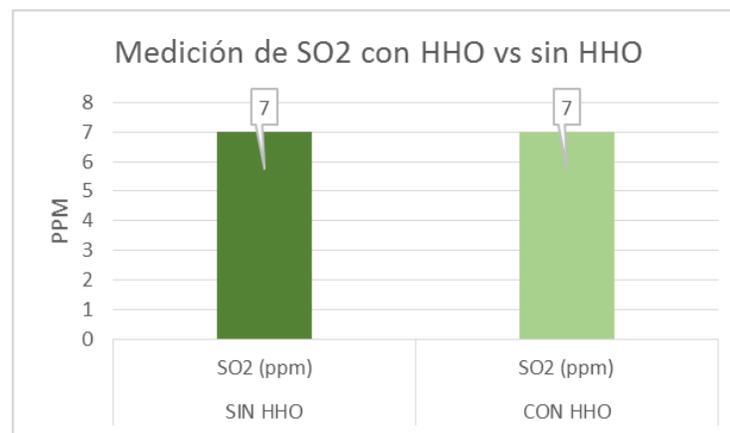
Fuente: Datos originales

Los resultados reflejan una baja o alta en cuanto a las emisiones contaminantes de estos gases. El CO evidenció una baja del 8% y el NOx aumento del 7%. Estos datos son el resultado de mediciones en 4 semanas de trabajo en el mes de septiembre. La conclusión preliminar que se obtiene es que el sistema ha iniciado a mejorar la combustión del Diésel y logrado mejorar la combustión del diésel, sin embargo se deben tomar una mayor cantidad de datos para confirmar este resultado. El aumento de NOx consideramos que se debe a que el sistema aún esta limpiando las partes internas del motor y tuberías de escape de partículas suspendidas (hollín).

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Tabla 33. Medición de gases con HHO vs sin HHO del SO₂.



Fuente: Datos propios

Las emisiones de SO₂ son importantes dado que son unos considerados agentes que provocan la acidez de los suelos. Las emisiones del SO₂ no mostraron cambio alguno. Se espera que en el tiempo de tres meses de mediciones continuas estos resultados mejoren y se pueda confirmar una baja factible de medir.

La metodología que se sigue para la toma de gases contaminantes indica que deben tomarse tres mediciones consecutivas en el intervalo de 60 minutos máximo y que para que los resultados sean medibles con un grado de confiabilidad por arriba del 95%, tres veces por semana y por lo menos tener resultados de un mes completo de mediciones.

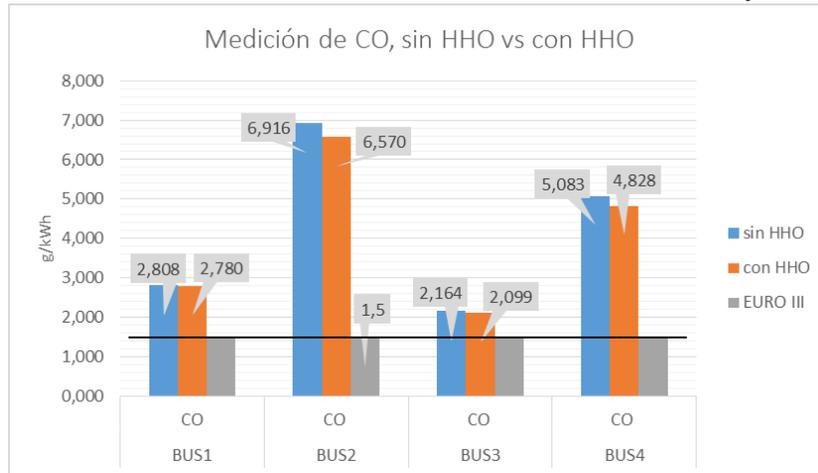
Los resultados de las otras unidades que a continuación se ilustran corresponden a 2 semanas de mediciones y los resultados son preliminares aún.

Los resultados evidencian que las emisiones de gases de escape con un sistema HHO en los 8 vehículos disminuyeron un porcentaje mínimo de concentración de CO y de NO_x en algunos vehículos. Se debe tomar en cuenta que 2 semanas de medición es representa una muestra muy pequeña, a pesar de ella se ha logrado obtener resultados satisfactorios.

Primer Informe.

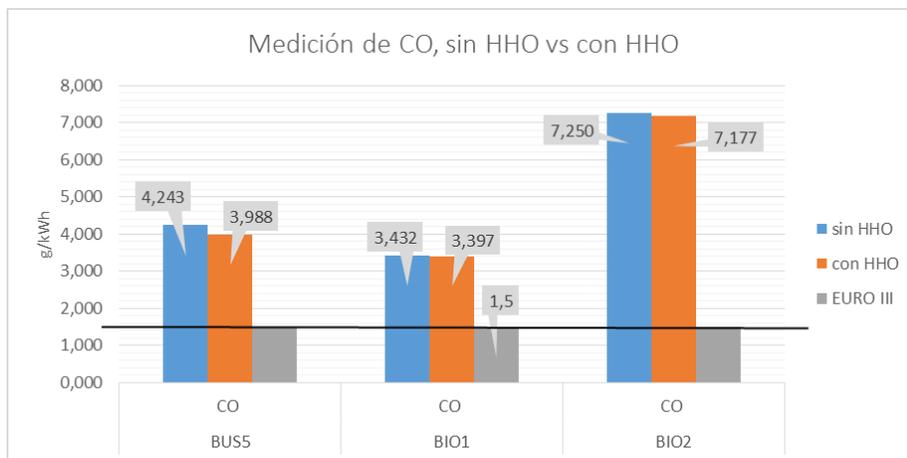
Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Gráfica. Medición de CO sin HHO vs con HHO en buses rojos.



Fuente: Datos propios

Gráfica. Medición de CO sin HHO vs con HHO



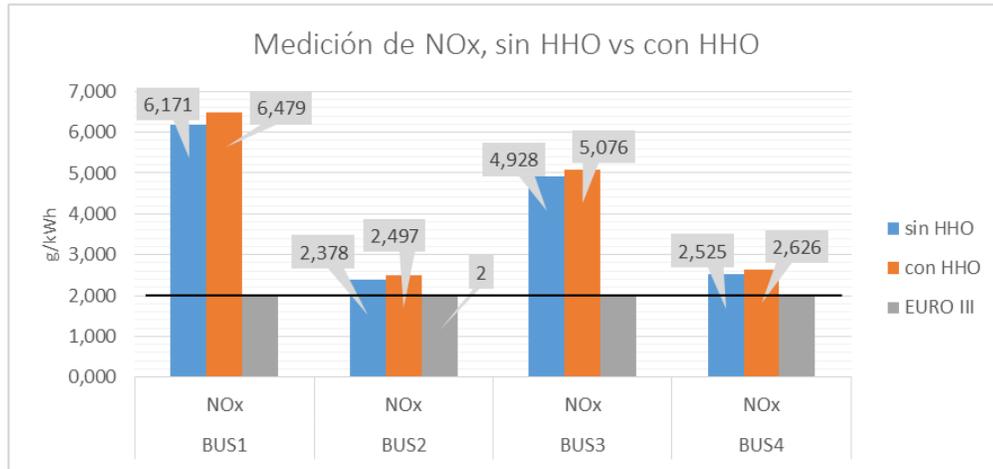
Fuente: Datos propios

La norma Euro 3, indica que las concentraciones en CO por emisión de vehículos en ralentí no deben ser excedidos en 1.5 g/kWh, se registra que los buses denominados "rojos" y el transporte de Biotrash están por arriba de la norma antes y después de instalado el sistema HHO, sin embargo es importante reiterar que solo se tiene el registro de 2 semanas consecutivas de mediciones. Se espera que los resultados en la baja de emisiones de CO disminuya en un intervalo de tiempo de tres meses, período en el cual se asumen que el combustible HHO ha limpiado al interior del motor partículas suspendidas (hollín).

Primer Informe.

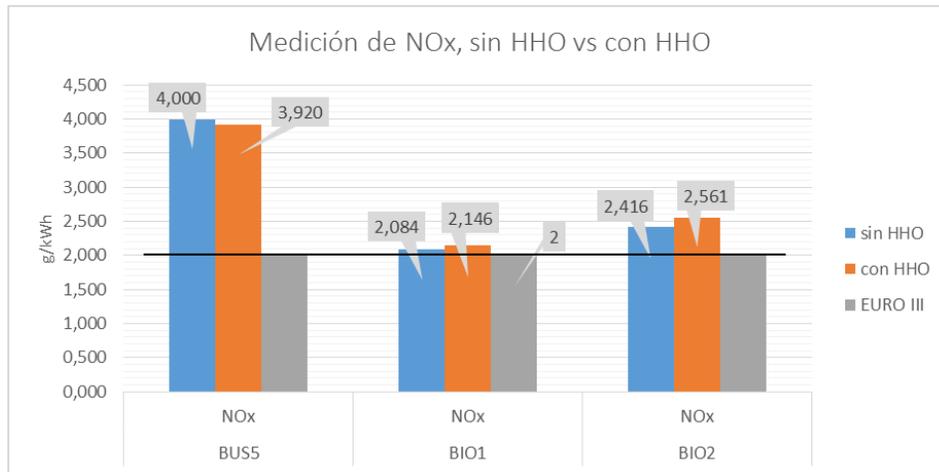
Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Gráfica. Medición de NOx sin HHO vs con HHO



Fuente: Datos propios

Gráfica. Medición de NOx sin HHO vs con HHO



Fuente: Datos propios

La norma euro 3 indica que las concentraciones de NOx no deben ser superiores a 2.0 g/kWh, tres unidades vehiculares evidencian altas concentraciones de NOx, siendo estos: Bus 1, Bus 3, Bus 5 del transporte urbano rojo, los valores registrados por estos buses duplican y triplican sus emisiones y esta medida es directamente proporcional al daño que ocasionan en la salud de las personas. El sistema HHO en dos semanas aún no ha sido capaz de evidenciar un cambio significativo en la reducción de estos gases, se espera que en tres meses consecutivos de mediciones los resultados sean satisfactorios. En la segunda fase del proyecto se instalará un vaporizador de agua independiente al sistema

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

HHO con el objetivo que ingresar una fina niebla al sistema de admisión que genere un ambiente de “llovizna” fina en el interior y lograr con este efecto disminuir la temperatura y como consecuencia las concentraciones de NO_x.

La única unidad vehicular que cuenta con un vaporizador es el bus del MARN. El propósito de colocarlo solo en esta unidad es para probar su funcionamiento y verificar si el efecto niebla tiene efectos significativos en la disminución de las emisiones, aún no se ha conectado se espera esté listo para funcionar para finales de diciembre, ya que se busca evidenciar que las épocas secas, y días muy calurosos pueden afectar a la eficiencia del motor, y utilizando un vaporizador pueda disminuir la temperatura de trabajo.



**Vaporizador de efecto niebla que logra aumenta su flujo de salida debido a la fuerza del turbo del motor.
(Ver video en Anexo 2)**

La imagen muestra el extremo de un vaporizador que será instalado en los sistemas HHO para mejorar la disminución de los gases contaminantes, el equipo está funcionando y es posible tocar la fina niebla de vapor que es expulsada con velocidad de flujo alta debido a la presión del turbo del motor, el propósito es lograr disminuir la temperatura en el motor.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

11.2 Rendimiento de combustible de las unidades vehiculares antes y después de instalado el sistema HHO.

Se analiza por separado los resultado obtenidos en cada una de las unidades de este proyecto. En general se demuestra una reducción en el combustible empleado luego de instalado los sistemas.

Rendimiento	Bus MARN con HHO	Bus MARN	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	8.03	7.56	1 mes	6%

Rendimiento	Bus Rojo 1 con HHO	Bus Rojo sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	10.2	9.5	½ mes	7 %

Rendimiento	Bus Rojo 2 con HHO	Bus Rojo 2 sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	6.5	6.2	½ mes	5%

Rendimiento	Bus Rojo 3 con HHO	Bus Rojo 3 sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	8.8	8.5	½ mes	3.4 %

Rendimiento	Bus Rojo 4 con HHO	Bus Rojo 4 sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	10.8	10.4	½ mes	4 %

Rendimiento	Bus Rojo 5 con HHO	Bus Rojo 5 sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	8.8	8.5	½ mes	3.5 %

Rendimiento	Unidad Biotrash 1 con HHO	Unidad Biotrash 1 sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	22.5	21.04	½ mes	6 %

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Rendimiento	Unidad Biotrash 2 con HHO	Unidad Biotrash 2 sin HHO	Período	% disminución (ahorro)
km/galón	8.10	8.36	½ mes	3 %

Los resultados evidencian una baja en el consumo de combustible medido en km/galón, la sonda GPRS permite registrar los datos y reportar hasta con dos cifras decimales, de tal forma que se ha detectado en las 8 unidades vehiculares una disminución que oscila entre el 3% y el 7%. Estos resultados solo reflejan un mes de trabajo se espera mejorar los resultados en los próximos tres meses cuando e sistema HHO logre limpiar las partículas suspendidas.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

12. Conclusiones, dificultades y desafíos.

12. 1 Conclusiones.

1. Se realizaron alianzas de trabajo cooperativo con las siguientes instituciones y empresas, quienes apoyan el proyecto, según el siguiente cuadro resumen:

Instituciones y/o empresas que apoyan el proyecto.	¿Cómo nos apoyan?	Objeto social de la empresa
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	1 bus de transporte de personal de la institución.	Institución gubernamental de la República de Guatemala.
Transportes “la Unión”	5 buses de transporte que circula por la ciudad de Guatemala, con el número de ruta 63.	Servicio social – privado, funcionan como cooperativa y tienen gran demanda en la ciudad.
Biotrash	2 camiones que transportan residuos peligrosos y circulan por ciudad de Guatemala.	Empresa privada que recicla residuos peligrosos que desea situarse con referente en procesos ambientales responsables.
Lucalza.	25 análisis de espectrofotometría que permitirá evaluar las propiedades del aceite y con ello, el estado actual de los motores de los buses	Empresa privada con redes en Centroamérica que representa a la marca de lubricantes Chevron.

2. Se identificaron las 8 unidades de transporte a las cuales se les instalaron los sistemas HHO.

Bus /camión	Propietarios	Características técnicas	Demanda social
Unidad 1	MARN	Marca: Internacional. Motor: Turbo.7300 cc Modelo 1997.	Transporta personal del MARN. Se estiman 40 -50 personas /día
Unidad 2	Biotrash	Marca: Hyundai. Motor: 3600 cc. Modelo 2007.	Transporta desechos hospitalarios. Recorre la ciudad de 4:30 am a 15:00 pm.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Unidad 3	Biotrash	Marca: Ford. Motor: 7800 cc. Modelo: 1994	Transporta desechos hospitalarios. Recorre la ciudad de 4:30 am a 15:00 pm.
Unidad 4	Transportes " La unión"	Marca: Internacional. Motor: Turbo.6700 cc Modelo 1996.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día*
Unidad 5	Transportes " La unión"	Marca: XXX. No registrado 7636 cc. Modelo 1997.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día
Unidad 6	Transportes " La unión"	Marca: Mercedes Benz. Motor: 5958 cc Modelo 1995	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día
Unidad 7	Transportes " La unión"	Marca: Mercedes Benz. Motor: 5675 cc Modelo 1990.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día
Unidad 8	Transportes " la Unión"	Marca: XXX No registrado. 6700 cc. Modelo 1990.	Tiene la ruta 63. Transporta 700 personas/día

3. El análisis del aceite lubricante de las unidades automotrices evidencia "anormalidad", con grado de severidad 3 que se debe interpretar como un desgaste en el motor por el uso continuo, antigüedad del modelo, mantenimientos preventivos y correctivos no adecuados y que trae como consecuencia, desperfectos mecánicos en períodos de tiempo cortos. Solo 1 bus (MARN), presenta normalidad de 1 en la escala de severidad del motor.

4. Los 8 buses de este proyecto fueron acondicionados con una sonda que permite registrar y posteriormente evaluar el consumo de combustible. Los resultados reflejan dos puntos límites en cuanto al rendimiento de estas unidades, el primer indicador límite superior refleja que un bus rojo de transporte público trabaja 300 horas y tiene un gasto de Q 6000/mes, equivalente a \$ 750/mes y el límite inferior refleja que un bus rojo de

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

transporte público trabaja 135 horas /mes con un gasto de Q 2700 /mes equivalente a \$ 338 /mes.

5. Se identifica que el gasto de combustible/mes que se obtiene en las 8 unidades automotrices asciende a Q 30,000.00 equivalente a \$ 3750.00 para un recorrido total de 14, 475 kilómetros, esto establece un indicador macro de rendimiento de Q 2.07 /km equivalente a \$ 0.25/ km.

6. Los resultados evidencian que en promedio las unidades en al menos 7 de las unidades tienen un consumo de 8.60 km/galón. Este promedio no es indicativo de la unidad Biotrash 1 que tiene un rendimiento de 21.04 km/galón, esta unidad tiene un motor Hyundai de modelo 2007 el más reciente comparado con las otras unidades. La velocidad media de las unidades es similar, se asume que circulan por la ciudad con una velocidad media 11.24 m/s.

7. Se empleó la norma Euro 3, para evaluar la concentración de los gases contaminantes a la atmósfera, esta norma indica que se deben medir tres tipos de gases CO, NO_x, SO₂ además para vehículos diésel establece un parámetro de opacidad para la medición relativa de humos (hollín), los resultado de 12 semanas de medición evidencian una alta concentración por arriba de la norma.

8. La norma Euro 3, indica que las concentraciones en CO por emisión de vehículos en ralentí no deben ser excedidos en 1.5 g/kWh. Los resultados previo a la instalación de los sistemas HHO reflejan un aumenta de hasta 3 veces por arriba de la norma. El CO evidenció una baja del 8%, que es un indicador que refleja que el sistema HHO ha mejorado la combustión del diésel.

9. Las emisiones NO_x se encuentran cercanos por arriba al valor límite máximo permitido por la norma, 2.0 g/kWh. Los resultados de dos semanas de medición de gases contaminantes reflejan un aumento del 7% en el NO_x, luego de la instalación de los

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

sistemas HHO. El aumento de NO_x consideramos que se debe a que el sistema aún está limpiando las partes internas del motor y tuberías de escape de partículas suspendidas (hollín).

10. Las emisiones de SO₂ son importantes dado que son agentes que provocan la acidez de los suelos. Las emisiones del SO₂ no mostraron cambio alguno con el sistema HHO en dos semanas de mediciones. Se espera que en el tiempo de tres meses de mediciones continuas estos resultados mejoren y se pueda confirmar una baja factible de medir, la que hasta ahora se encuentra por arriba de los límites permisibles que afectan a la salud alrededor de los 10 ppm hasta 50 ppm de emisiones contaminantes de SO₂.

11. La opacidad de los gases de escape medidos con el opacímetro, mide el hollín u humo negro que sale por el escape; los valores muestran que ningún vehículo cumple con la norma EURO III y registra valores por arriba del valor relativo de 0.15 indicados por la norma. Los sistemas HHO aún no han evidenciado una baja sensible de este parámetro dado que se tienen únicamente 2 semanas de medición.

12. Los resultados evidencian una baja en el consumo de combustible medido en km/galón, la sonda GPRS permite registrar los datos y reportar hasta con dos cifras decimales, de tal forma que se ha detectado en las 8 unidades vehiculares una disminución que oscila entre el 3% y el 7%.

12.2 Dificultades

1. La primera dificultad que se encontró es el estado de los motores, ya que no se cuentan con mantenimiento preventivos periódicos, solo se trabajan mantenimientos correctivos. En algunos casos, la falta de interés por parte de los pilotos puede ocasionar problemas en la parte interna del motor (ya que existe un desinterés a la hora de la revisiones diarias de los niveles de aceite lubricante y refrigerante).

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

2. En algunos casos en los buses de transporte público se detectaron fugas de gases efecto de la combustión en el Carter del motor y tubería de escape, esto ocasiono problemas a la hora de realizar las mediciones en tiempo real ya que se deben realizar una mayor muestra para tener datos más exactos.

3. El tema de la delincuencia y extorsiones a propietarios y pilotos es una de las dificultades a nivel social que tiene el transporte público, esto ocasiono que en algunos meses julio, agosto y septiembre las unidades no trabajen de manera continua por temas de seguridad para el piloto.

4. El robo de combustible es una problemática que se da en la mayoría de casos en flotas de transporte. Con el sistema de medición del tanque de diesel, se encontraron en diferentes ocasiones el robo de hasta 10 galones diarios, lo cual genero la dificultad de poder obtener los rendimientos reales de las unidades de transporte. Con esta problemática se le informó a la persona encargada y fue solucionado para que se prosiguiera con la investigación de consumos y rendimientos.

5. En la instalación de la sonda de combustible se debe perforar el tanque de cada unidad, en algunos casos se desmonto el tanque para realizar la perforación. En una ocasión en el desmontaje del tanque de diésel, se encontraron fugas en diferentes puntos en el tanque.

6. En la mayoría de los casos existen desperfectos eléctricos en las unidades de transporte público, lo cual genero dificultades para poder encontrar el punto exacto para la instalación eléctrica de la celda de HHO y la sonda de medición.

7. Otra dificultad que se han encontrado es la poca aceptación del control del consumo de diésel, por parte de los pilotos, como se menciona anteriormente existe una gran problemática de robo de combustible.

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

8. Al momento de las instalaciones de las celdas, las grandes dimensiones del equipo ocasiona dificultad para la instalación y búsqueda de un espacio seguro para los usuarios del transporte.

9. Las dificultades del inicio es la aceptación de nuevas tecnologías, el uso de nuevos equipos de control de combustible y generación de HHO son temas nuevos en la Ciudad de Guatemala.

10. En la unidad 4 de transportes públicos se tienen problemas eléctricos, ya que el régimen de carga de la batería, dificulta el uso de la celda de HHO. Por consiguiente se debe trabajar un mantenimiento para que pueda trabajar de manera más eficiente.

11. La búsqueda de los seguros para el equipo y los motores por parte de las agencias aseguradoras genera dificultades por ser una nueva tecnología desconocida en Guatemala.

12. No contar con equipos para medición del gas HHO es una dificultad para poder obtener mediciones del flujo del gas y poder saber la cantidad exacta que se está inyectando al sistema de admisión del motor.

12.3 Desafíos

1. El mayor desafío para el proyecto, es poder obtener rendimientos mayores en el consumo de diésel, teniendo en cuenta que las mediciones realizadas con la celda de HHO ya instalada en las unidades de transporte son de 15 días en el primer semestre del proyecto, esto también es ocasionado por el deterioro de los motores lo cual como parte de apoyo de los propietarios es realizar los mantenimientos preventivos a cada motor ya que esto también ocasiona un disminución mínima del consumo diésel.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

2. Otro de los desafíos más grandes es trabajar la parte social con los pilotos y mecánicos de las unidades de transporte, lograr una sensibilización del proyecto, ya que ellos son los beneficiarios directos económicamente y en temas de enfermedades y salud.

3. A raíz de las publicaciones en medios de comunicación el proyecto genera una gran expectativa, el desafío es poder darle un seguimiento e incentivar a empresas privadas y del transporte colectivo empiecen a utilizar este tipo de tecnologías y así replicar el proyecto.

4. Crear una mesa de diálogo entre el MARN, la Universidad Galileo y empresas privadas para poder influir en nuevas políticas ambientales que incentiven el uso del HHO para la disminución de gases de efecto invernadero GEI.

5. Realizar los ajustes necesarios en las celdas de HHO para poder obtener mejores rendimientos en cada unidad, se realizaran revisiones periódicas del motor, la celda de HHO y sistema de admisión evitando fugas de gas HHO o pérdidas de energía por los conductores.

6. Disminuir las dificultades técnicas en las instalaciones tanto en la sonda de medición del tanque, al igual que la instalación de las celdas de HHO.

7. Poder disminuir en un mayor porcentaje las emisiones generadas por la combustión, en un período de 3 meses. Además de darle un mayor seguimiento a los niveles de NO_x que pueda generar ya utilizando la celda de HHO.

8. Poder mejorar el sistema de medición automático y obtener datos de rendimiento, kilómetros y consumo de diésel en las unidades de transporte, donde puedan ser visibles para los usuarios.

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

13.ANEXO

a. Anexo 1. Divulgación del proyecto HHO

El viernes 18 de septiembre se realizó una conferencia para dar a conocer el proyecto HHO en el MARN; el Departamento de Producción Más Limpia organizó dicha divulgación con el objetivo que los trabajadores del Ministerio se informen del proyecto en el cual se está trabajando.

Imagen 2. Divulgación ante trabajadores del MARN



Fuente: Foto tomada del MARN en FB⁴

El jueves 29 de septiembre se realizó la 8va convención de energía en la Universidad Galileo a cargo del Instituto de Recursos Energéticos. Dentro de la charla se realizó la presentación de resultados de los primeros 5 meses de trabajo; en tal convención nos entrevistó el periódico Prensa Libre uno de las más grandes e importantes del país. El link para su visualización se encuentra [aquí](#).

⁴ MARN en [Facebook](#)

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Imagen 3. Noticia del Proyecto HHO publicada en el Facebook



Fuente: Foto Tomada de Facebook⁵

El miércoles 30 de septiembre el Taller Regional de Biocombustibles organizado por el Ministerio de Energía y Minas conjuntamente con la Fundación Solar realizó una invitación a presentar el proyecto HHO ante el público presente. Adjunto se observa a nuestros investigadores dando la conferencia.

Imagen 4. Taller Regional de Biocombustibles



Fuente: Fotos propias

⁵ Por un Transporte Más Eficiente, [Facebook](#)

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Un medio de divulgación utilizado para el proyecto HHO se ha realizado por medio de un video, con el fin de demostrar la instalación y funcionamiento del sistema HHO. El video lo puede visualizar [aquí](#).

Imagen 3. Reportaje video HHO



Fuente: Elaborado por Universidad Galileo

Nuestro investigador Luis Rodríguez participo en una conferencia en Brasil, Tecnología Libre, sobre el tema HHO dicha charla fue grabada y se puede visualizar [aquí](#).

Imagen 4. Video de HHO en Brasil



Fuente: Youtube⁶

Prensa Libre publicó un pequeño reportaje sobre el proyecto HHO en el cual se está trabajando, dicho reportaje se puede visualizar [aquí](#).

⁶ Video de HHO en Brasil, https://www.youtube.com/watch?t=67&v=0_apLhr8Sbc

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

Imagen 5. Video de HHO en Brasil



Fuente: Youtube⁷

Guatevisión publicó un pequeño reportaje sobre el proyecto HHO en el cual se está trabajando, dicho reportaje se puede visualizar [aquí](#).

Imagen 5. Video de HHO en Prensa Libre



Fuente: YouTube⁸

b. Anexo 2. Fotografías.

Debido al peso del documento con las fotografías, adjunto se encuentra un link donde se podrá visualizar las fotografías del proyecto junto a su descripción. El link para su visualización se encuentra [aquí](#).

⁷ Estudiantes logran reducir el monóxido de carbono de buses. [Youtube](#)

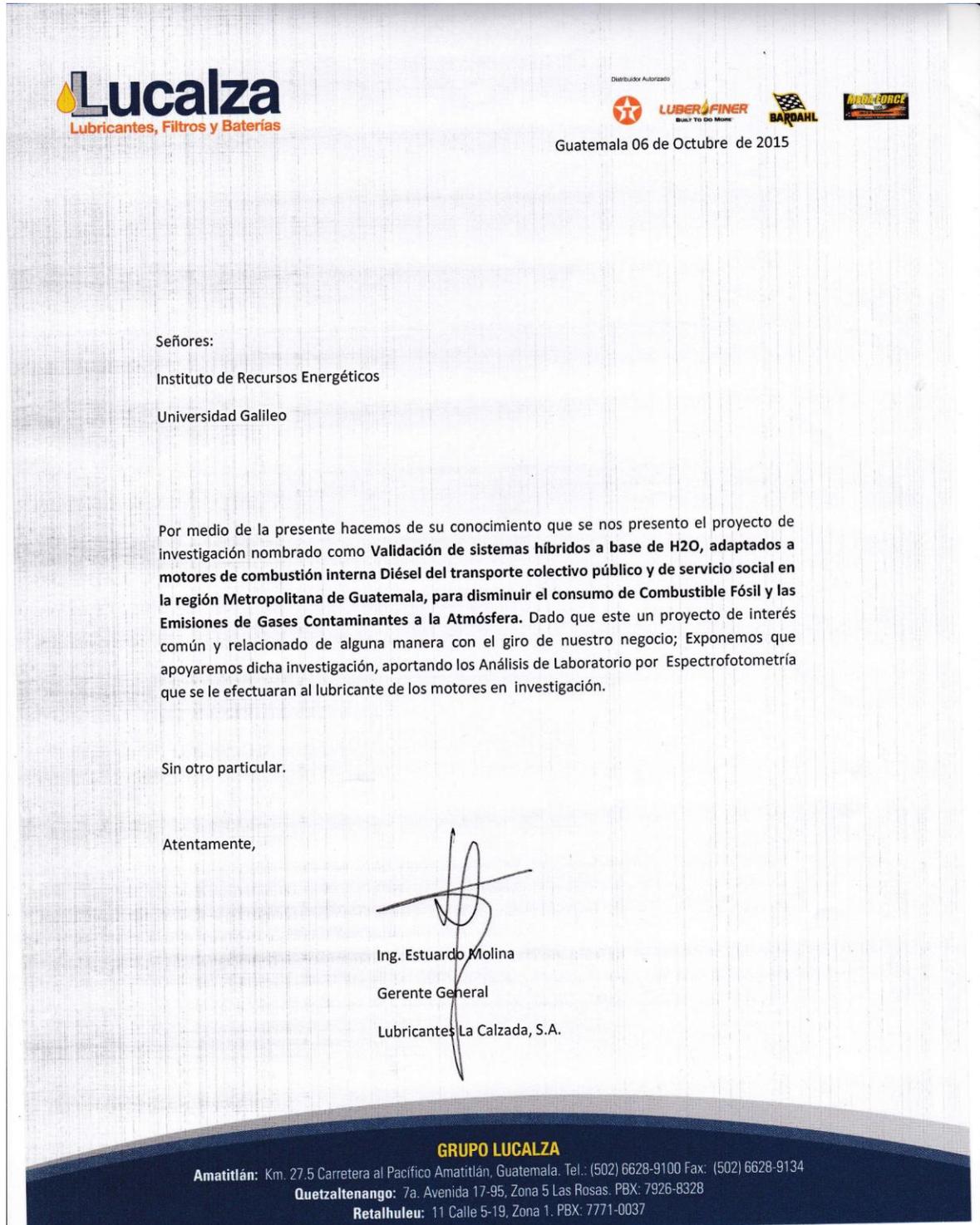
⁸ Estudiantes logran reducir el monóxido de carbono de buses. [Youtube](#)

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

c. Anexo 3. Reportes del análisis químico del aceite lubricante del motor

Adjunto se encuentra la carta de compromiso de LUCALZA.



Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Adjunto análisis de aceite de BUS2



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL		ANORMAL	CRITICO	

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: TXPTRL-0129-0000 Nombre de Compañía: UNIVERSIDAD GALILEO Contacto: Dirección: Teléfono:	ID de Componente: MOTOR NAV1-DT466 E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: INTERNATIONAL Modelo: DT466 Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero: 0 galón	Número de Huella: Número de laboratorio: G-125743 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RAM Tomada: 10-jun-2015 Recibido: 12-jun-2015 Completado: 15-jun-2015
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Falta de Información Índice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: AMALIE Nombre del Producto: Grado de Viscosidad: SAE 50
Comentarios Chequear la fuente de fuga del COMBUSTIBLE (inyectores, líneas etc.). El combustible se encuentra en un NIVEL SIGNIFICATIVO; Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. DILUCION POR COMBUSTIBLE ha ocasionado que la viscosidad disminuya ligeramente por debajo del grado indicado El número básico total es MODERADO BAJO; Por favor de proveer la UNIDAD DE HORAS/MILLAS/KILOMETROS para está muestra; La DILUCION DEL COMBUSTIBLE reduce el aceite del motor. Como consecuencia, se produce una REDUCCION en la LUBRICIDAD y la SOLIDEZ DE LA PELICULA, lo cual podría causar un incremento de desgaste; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta; (NOMBRE DEL PRODUCTO) Remuestre a la mitad de tiempo del intervalo de cambio;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)				Metales Aditivos (ppm)						
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	19	0	0	1	1	5	0	0	0	0	3	19	0	0	7	0	0	0	12	42	1617	0	506	505

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	10-jun-2015	12-jun-2015	252	0	Unk	0	Unk	5.3 - GC	0.1 - FTIR	<.1 - FTIR		15.6		2.08	12	9

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)								Análisis Adicionales	
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba
1	//									

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Adjunto análisis de aceite de BUS3



Reporte de Análisis de Lubricante
North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL		ANORMAL		CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: TXPTL-0129-0000 Nombre de Compañía: UNIVERSIDAD GALILEO Contacto: Dirección: Teléfono:	ID de Componente: 656BFV E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: INTERNATIONAL Modelo: DT408 Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero: 0 galón	Número de Huella: Número de laboratorio: G-124022 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RMF Tomada: 25-may-2015 Recibido: 29-may-2015 Completado: 01-jun-2015
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Falta de Información Índice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: AMALIE Nombre del Producto: Grado de Viscosidad: SAE 50
Comentarios Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. La viscosidad se encuentra MODERADAMENTE BAJA; DILUCION POR COMBUSTIBLE ha ocasionado que la viscosidad disminuya ligeramente por debajo del grado indicado Por favor proveer el tipo del lubricante que falta; (NOMBRE DEL PRODUCTO) Por favor de proveer la UNIDAD DE HORAS/MILLAS/KILOMETROS para esta muestra;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)									Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)				Metales Aditivos (ppm)							
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	23	0	0	4	2	1	0	0	0	0	8	10	2	0	1	0	0	0	4	58	2898	0	1105	1108

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite km.	Tiempo de unidad km.	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración mm
1	25-may-2015	29-may-2015	7975	0	Unk	0	Unk	2.8 - GC	0.2 - FTIR	<.1 - FTIR		15.1		5.47		

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)									Método de prueba
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	
1	//									

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Adjunto análisis de aceite de BUS4



Reporte de Análisis de Lubricante
North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL			CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta		Información del Componente		Información de muestra	
Número de TXPTRL-0129-0000 cuenta: Nombre de UNIVERSIDAD GALILEO Compañía : Contacto: Dirección: Teléfono:		ID de # 4 C-894BFV E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de DIESEL ENGINE componente: Fabricante: MERCEDES BENZ Modelo: OM352 Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de 0 galón sumidero:		Número de Huella: 00006031723 Número de laboratorio: G-132352 Localización de Guatemala City Laboratorio: Analista de Datos: MIO Tomada: 28-jul-2015 Recibido: 28-jul-2015 Completado: 29-jul-2015	
Información de filtro		Información Misceláneo		Información del Producto	
Tipo de filtro: FULLFLOW Indice de Micrón: 0				Fabricante del AMALIE Producto: Nombre del Producto: Grado de Viscosidad: SAE 50	
Comentarios		Chequear la fuente de fuga del COMBUSTIBLE (inyectores, líneas etc.). El combustible se encuentra en un NIVEL SIGNIFICATIVO; Cambio de filtro y lubricante se sugiere si no fue hecho al tomar la muestra. DILUCION POR COMBUSTIBLE ha ocasionado que la viscosidad disminuya moderadamente; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO) Por favor de proveer la UNIDAD DE HORAS/MILLAS/KILOMETROS para está muestra; Remuestre a la mitad de tiempo del intervalo de cambio;			

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	30	1	0	7	4	3	0	0	0	0	17	27	0	0	5	0	0	0	0	51	2063	0	620	689

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollin % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	28-jul-2015	28-jul-2015	1260	0	Unk	0	Unk	6.4 - GC	0.4 - E2412	<.1 - FTIR		14.6		4.55	9	9

Muestra #	Conteo de Partículas (partículas/mL)									Análisis Adicionales
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba
1	//									

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Adjunto análisis de aceite de MARN



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL	CRITICO		

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: TXPTRL-0129-0000 Nombre de Compañía: UNIVERSIDAD GALILEO Contacto: Dirección: Teléfono:	ID de #1 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: INTERNATIONAL Modelo: 3800 SERIES Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero: 0 galón	Número de Huella: Número de laboratorio: G-126644 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RAM Tomada: 11-jun-2015 Recibido: 18-jun-2015 Completado: 19-jun-2015
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: FULLFLOW Indice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: CHEVRON Nombre del Producto: Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios: Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. La DILUSIÓN del COMBUSTIBLE se encuentra a NIVEL MENOR; DILUSIÓN del COMBUSTIBLE posiblemente causado por ralenti excesivo; El contenido de silicio se encuentra a NIVEL MENOR; Las fuentes del SILICIO pueden ser abrasivos (suciedad, sílica del alúmina), sellos y material de la junta, suplemento, aditivo del lubricante, y/o contaminante ambiental; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO) EL TIEMPO del LUBRICANTE no fue proporcionado para esta unidad;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes		Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)						
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	58	1	1	1	5	2	0	0	0	0	28	5	2	0	6	1	0	0	2	835	1270	0	1106	1328

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite milla	Tiempo de unidad milla	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración mm
1	11-jun-2015	18-jun-2015	0	46026	Unk	0	Unk	3.1 - GC	0.1 - FTIR	<.1 - FTIR		13.0		6.18	10	8

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)										Método de prueba
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm		
1	//										

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Adjunto análisis de aceite de Biotrash 1



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL		ANORMAL		CRITICO

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: TXPTRL-0129-0000 Nombre de Compañía: UNIVERSIDAD GALILEO Contacto: Dirección: Teléfono:	ID de Componente: BIOTRASH 2 E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: HYUNDAI Modelo: HD Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de suministro: 0 galón	Número de Huella: 00006030967 Número de laboratorio: G-135464 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: RAM Tomada: 08-ago-2015 Recibido: 19-ago-2015 Completado: 20-ago-2015
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: FULLFLOW Indice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: CEPSA Nombre del Producto: Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios: Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. Los abrasivos (silicio/suciedad) están en un NIVEL MODERADO; El contenido de hierro se encuentra a NIVEL MENOR; La fuente de HIERRO del lubricante en motores puede ser trazadores de líneas del cilindro, pistones de hierro, árboles de levas de acero endurecidos, cigüeñales, engranajes, brazos endurecidos del eje de balancín, puentes de la válvula, rodillos de acero aleados del seguidor de leva, et El hollín se encuentra a NIVEL MENOR; El número básico total es LEVEMENTE BAJO; Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO) EI TIEMPO del LUBRICANTE no fue proporcionado para esta unidad;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metals Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	138	8	1	20	30	11	2	0	0	0	47	6	4	0	14	0	1	0	0	669	2447	0	1032	1191

Muestra #	Información de muestra								Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite km.	Tiempo de unidad km.	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración mm	
1	08-ago-2015	19-ago-2015	0	1800	Unk	0	Unk	<1 - Estimado	2.0 - E2412	<.1 - FTIR		15.0		5.05	14	13	

Muestra #	Conteo de Partículas (particulas/mL)										Método de prueba
	Código ISO	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm		
1	Basado en 4/6/14	//									

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

Primer Informe.

Proyecto: "Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera".

Adjunto análisis de aceite de Biotrash 2



Reporte de Análisis de Lubricante

North America: +1-317-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL	CRITICO		

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: TXPTL-0129-0000 Nombre de Compañía: UNIVERSIDAD GALILEO Contacto: Dirección: Teléfono:	ID de BIOTRASH 1 E Componente: ID Secundaria: Filtro de tipo de DIESEL ENGINE componente: Fabricante: FORD Modelo: CFT8000 Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de 0 galón sumidero:	Número de Huella: 00006030966 Número de laboratorio: G-135463 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: AC Tomada: 08-ago-2015 Recibido: 19-ago-2015 Completado: 21-ago-2015
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: FULLFLOW Indice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: CEPESA Nombre del Producto: Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios Los datos marcados no requieren acción de mantenimiento en forma urgente. Se sugiere observar la tendencia de la condición del equipo y del lubricante. El contenido de cromo se encuentra en NIVEL MODERADO, probablemente provenga del recubrimiento de los anillos del pistón Por favor proveer el tipo del lubricante que falta;(NOMBRE DEL PRODUCTO) EL TIEMPO del LUBRICANTE no fue proporcionado para esta unidad;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Niquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estañio	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	21	5	0	1	1	2	0	0	0	0	5	0	1	0	45	0	0	0	0	1151	1522	0	1299	1414

Muestra #	Información de muestra							Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite km.	Tiempo de unidad km.	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración abs/0.1 mm
1	08-ago-2015	19-ago-2015	0	900	Unk	0	Unk	<1 - Estimado	<.1	<.1 - FTIR		13.6		7.96	10	9

Muestra #	Conteo de Partículas (partículas/mL)										Análisis Adicionales	
	Código ISO Basado en 4/6/14	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba		
1	//											

Los comentarios son un consultivo y se basan el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

Comentarios Históricos

Primer Informe.

Proyecto: “Validación de sistemas híbridos a base de H₂O, adaptados a motores de combustión interna diésel, para disminuir el consumo de combustible fósil y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera”.

d. Anexo 4. Documentos de gastos de ingreso y egreso

Se adjuntará el documento en Excel.