

TEMA: "SISTEMA BIFUEL
ALTERNATIVO GNV/DIESEL EN LA
CAMIONETA CHEVROLET LUV D-MAX
DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE EXTENSIÓN
LATACUNGA"

AUTORES: Jaime Eduardo León Almeida
Alex Javier Ramos Jinez

DIRECTOR: Ing. Néstor Romero

Latacunga, Enero 2017



CONTENIDO

- **Antecedentes**
- **Planteamiento del Problema**
- **Objetivos**
- **Introducción**
- **Implementación**
- **Pruebas**
- **Análisis de resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



ANTECEDENTES

- La tendencia mundial para disminuir las emisiones de los procesos de combustión en motores incentiva a la industria Automotriz en la búsqueda de combustibles alternativos.
- Los combustibles alternativos que se utilizan para la propulsión de vehículos con motores alternativos son (GLP) - (GNC).
- En el país existen 187263 vehículos propulsados con motores a diesel (INEC, 2014)



NORMATIVA ECUADOR USO GNC EN AUTOMOTORES

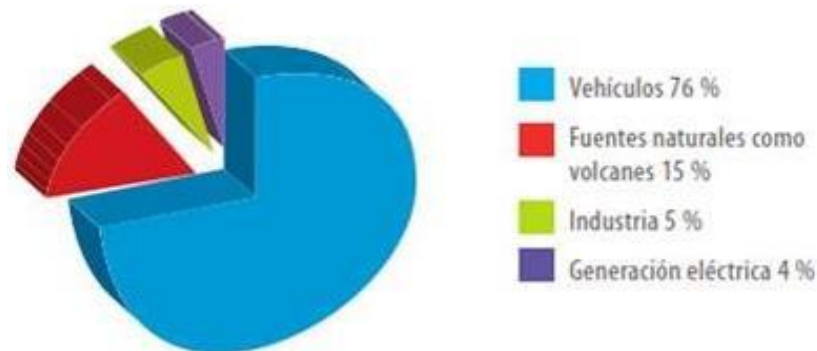
Las disposiciones establecidas bajo la normativa en Ecuador están referidas al uso de este carburante:

NTE INEN 2487	2009	0	VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES CON GNCV. ESTACIONES DE SERVICIO PARA SUMINISTRO DE GNCV. REQUISITOS
NTE INEN 2488	2009	0	VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES CON GNCV. INSTALACIÓN DE EQUIPOS COMPLETOS EN VEHÍCULOS CON GAS NATURAL VEHICULAR (GNCV). REQUISITOS
NTE INEN 2489	2009	0	GAS NATURAL. REQUISITOS
NTE INEN 2490	2009	0	VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES CON GNCV. COMPONENTES DEL EQUIPO PARA CONVERSIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO PARA USO EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES (GNCV). REQUISITOS
NTE INEN 2491	2009	0	VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES CON GNCV. TALLERES DE INSTALACIÓN Y REPARACIÓN DE EQUIPOS COMPLETOS PARA GNCV. REQUISITOS
NTE INEN 2591	2011	0	DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN PARA CILINDROS EN VEHÍCULOS CON GAS NATURAL VEHICULAR (GNCV). REQUISITOS E INSPECCIÓN.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Con la implementación de un sistema de alimentación Bifuel GNV/Diesel pretende reducir las emisiones generadas por los motores de ciclo diesel; especialmente referido a los óxidos nitrosos, opacidad, hidrocarburos no combustionados. Considerando que el parque automotor es el principal elemento contaminante en el Ecuador con un 76%.



Fuente: (Córdova, 2012)

OBJETIVOS

Objetivo General

- Implementar un sistema bifuel alternativo GNV/Diésel en la camioneta Chevrolet Luv D-Max de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Objetivos

Específicos

- Analizar los parámetros de funcionamiento del motor de la camioneta Chevrolet Luv D-Max.
- Seleccionar los componentes mecánicos adecuados que permitan realizar las adaptaciones en el motor diesel.
- Adaptar los componentes mecánicos necesarios para el funcionamiento del GNV como combustible.
- Elegir los componentes eléctricos que permitirán implementar el sistema GNV/Diesel.



Objetivos

Específicos

- Instalar los componentes eléctricos en el vehículo para realizar la conversión.
- Determinar los elementos electrónicos que se van a utilizar para el funcionamiento del sistema.
- Acoplar los sistemas electrónicos al vehículo para su funcionamiento.
- Ejecutar pruebas de funcionalidad y calibración del sistema alternativo bifuel GNV/Diesel

Objetivos

Específicos

- Efectuar pruebas de emisión de gases y dinamométricas para determinar los parámetros de funcionamiento del motor diesel antes y después de la implementación del sistema.



INTRODUCCIÓN

EL GNC

- Combustible que ofrece múltiples ventajas en el ámbito económico y medioambiental.
- Considerado como una alternativa frente a combustibles tradicionales.
- Mediante su utilización se consigue reducir emisiones contaminantes a la atmosfera.
- Formado por un pequeño grupo de hidrocarburos, principalmente el metano y en menor proporción el butano y propano



INTRODUCCIÓN

- **Composición del Gas Natural**

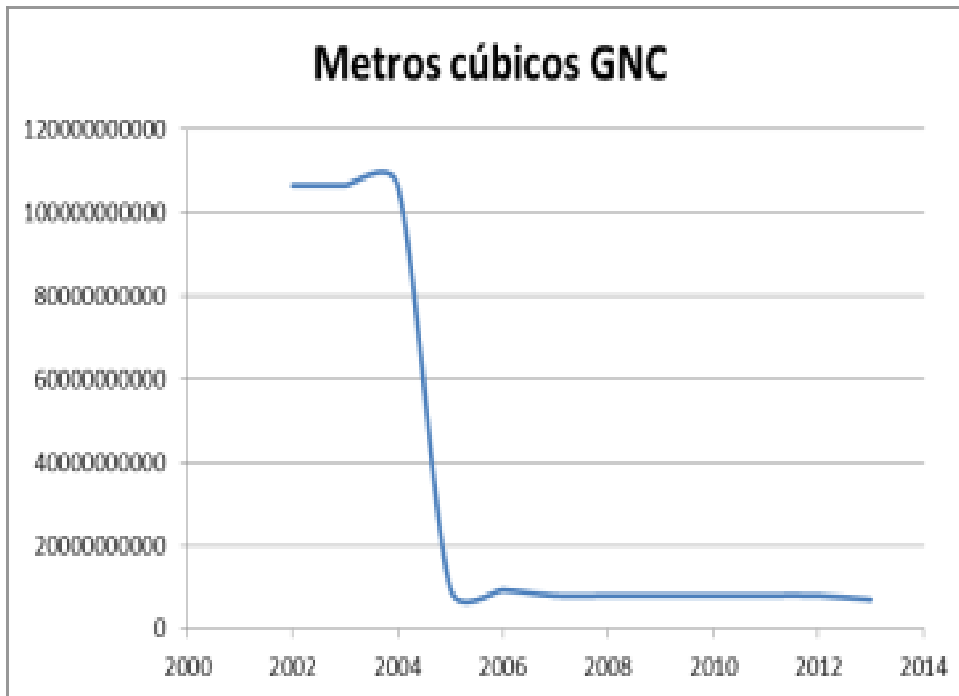
SUSTANCIA	CANTIDAD
Metano	89 / 95 %
Etano	0,05 / 5,2 %
Propano/Butano	0,50 / 7,5 %
Nitrógeno	0,70 / 2,7 %
ANH. Carbónico (CO ₂)	0,50 / 1,8 %
Agua	113 mg/m ³
Azufre Libre	50 mg/m ³

Fuente: (Gualtieri, 2013)



INTRODUCCIÓN

- GNC en Ecuador



Fuente: (CIA World Factbook, 2015)



Fuente: (CIA World Factbook, 2014)

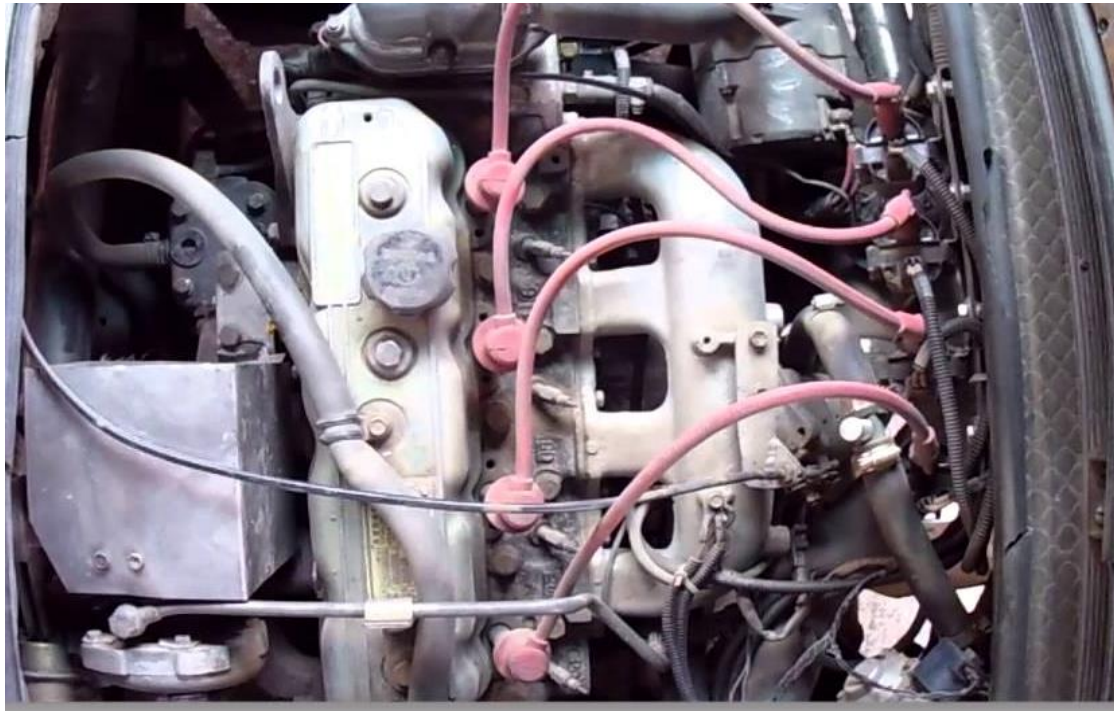
Reservas GNC en Ecuador



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN

- **Conversión de motor diesel a GNV**



Fuente: (Angesel S.A., 2012)

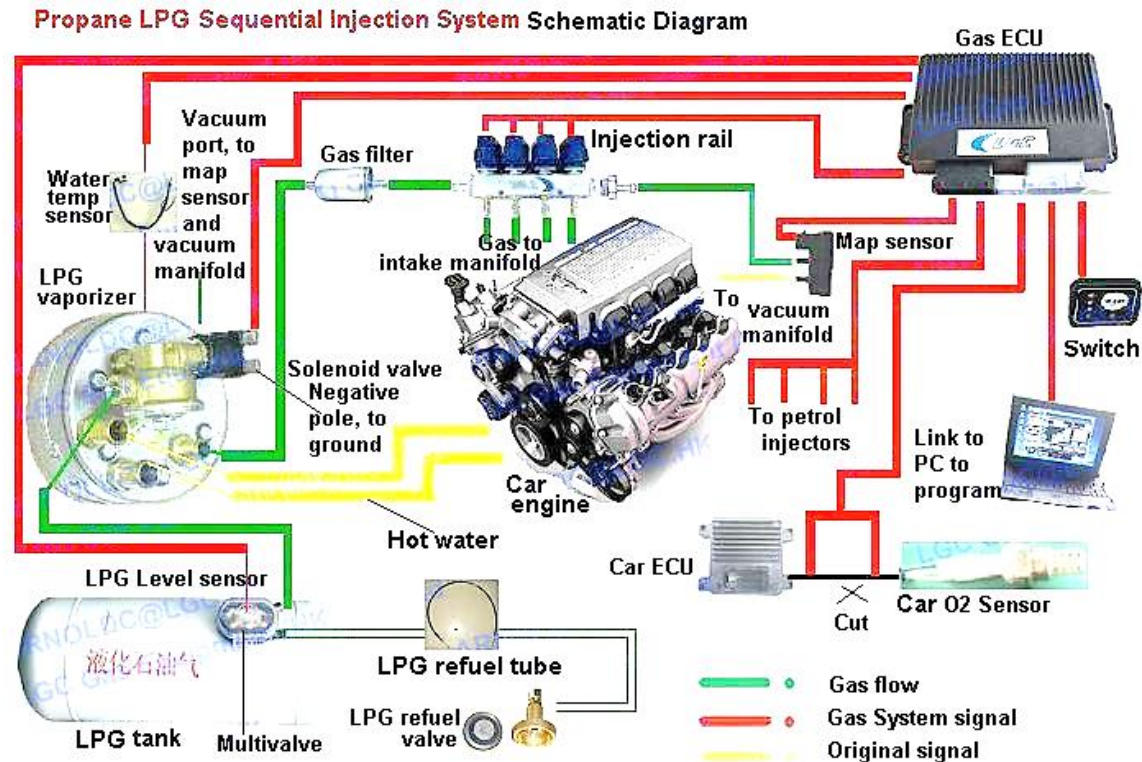
Motores Dedicados



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN

- Conversión de motor diesel a GNV



Fuente: (Agrupasuma, 2016)

Conversión Dual



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

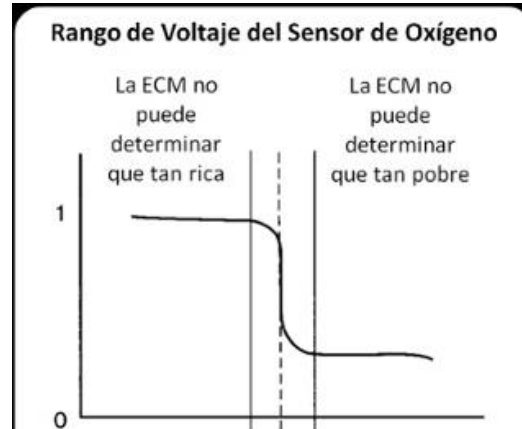
IMPLEMENTACIÓN

• Sensores

CKP



Sensor de tipo inductivo compuesto por dos cables, que generan una señal de voltaje alterno



Fuente: (e-auto, 2015)

EGO



TPS



Cable	Voltaje
Alimentación	4,99 V
Señal	235,4 mV – 3,65 V
Masa	0,50 mV

Fuente: (Casa & León, 2011)



IMPLEMENTACIÓN

- **Actuador (riel de inyectores)**



Voltaje de funcionamiento	de	DC11-14V
Presión de trabajo		0.5 bar
Presión máxima		3.0 bar
Resistencia de la bobina	de la	1/2/3 ohm
Pico de corriente		4 A
Corriente de trabajo	de	1 A

Inyectores GNV

IMPLEMENTACIÓN

- Regulador de Presión



IMPLEMENTACIÓN

- **Válvula de Carga**

Compuesta por un cuerpo principal y por un sistema de control manual de cierre y apertura además posee una válvula anti retorno que solo permite el ingreso de gas en el momento de la carga.



ADAPTACIÓN MECÁNICA

- Depósito



Los cilindros serán fabricados para trabajar a 250 bar, según las exigencias de construcción y ensayos de la Norma ISO 9809-1, ISO 9809-2, ISO 9809-3 o el Código ASME, Sección VIII, División I o II. Los tanques y cilindros deben ser certificados por el INEN o un organismo de certificación acreditado.

ADAPTACIÓN MECÁNICA

- Tuberías de alta presión



Las tuberías para la conducción de GNCV deben seguir el recorrido práctico más corto, entre los cilindros y el mezclador, compatibles con su flexibilidad, y deben ser protegidas contra daños o roturas debido a choques, esfuerzos excesivos o desgaste por rozamiento. Las tuberías deben ser encamisadas cuando resulte necesario.

ADAPTACIÓN MECÁNICA

- Tuberías de baja presión

Están instaladas a partir del regulador de presión hasta los inyectores de gas, siendo estas mangueras flexibles que soportan la presión de trabajo en esta línea.



ADAPTACIÓN MECÁNICA

- Racores y perforaciones en la admisión



Características del racor

Tipo	Referencia	Diámetro Interno	Rosca NPT
A	B0404	1/4'	1/4'

ADAPTACIÓN MECÁNICA

- **Adaptación sensor EGO**



ADAPTACIÓN ELECTRÓNICA

- Llave conmutadora



Es la encargada de realizar el cambio de tipo de combustible cuando el sistema está en condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento con GNV

ADAPTACIÓN ELECTRÓNICA

- Unidad electrónica de control

Parámetros característicos unidad electrónica de control

Peso		1,9 Kg
Voltaje de funcionamiento	de	10 V – 16 V
Tensión nominal		12 V
Resistencia		100 ohm
Conector de depuración	de	RS232

Fuente: (Sichuan DUJIA Technology Co.,Ltd., 2012)



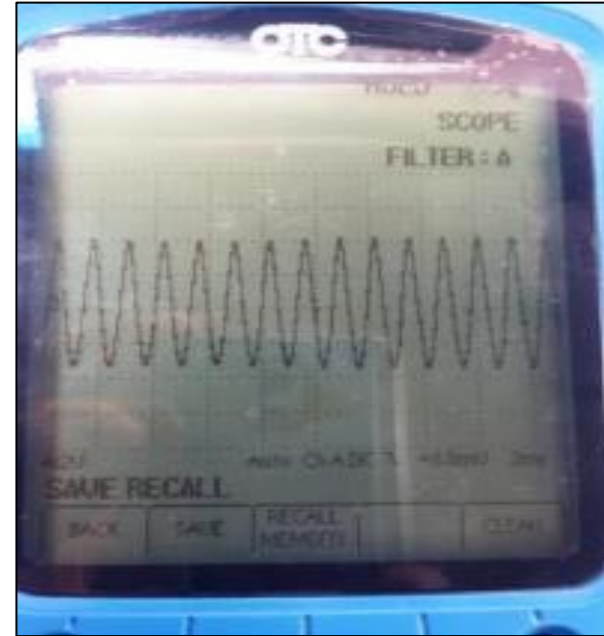
ADAPTACIÓN ELECTRÓNICA

- Obtención de señales

TPS



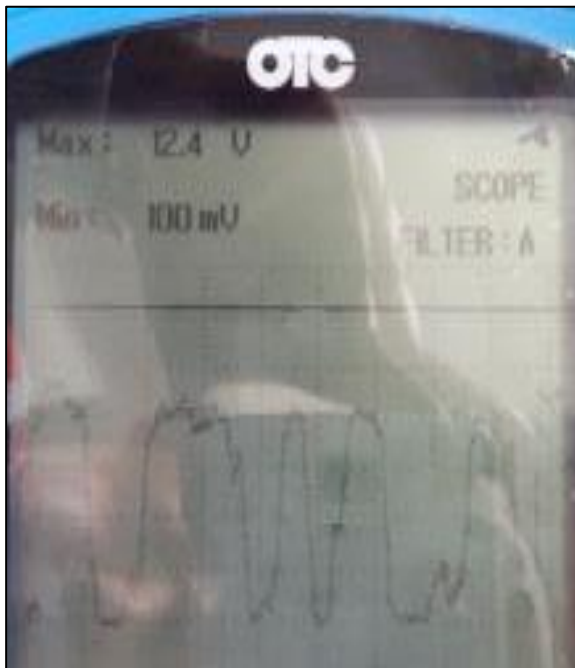
CKP



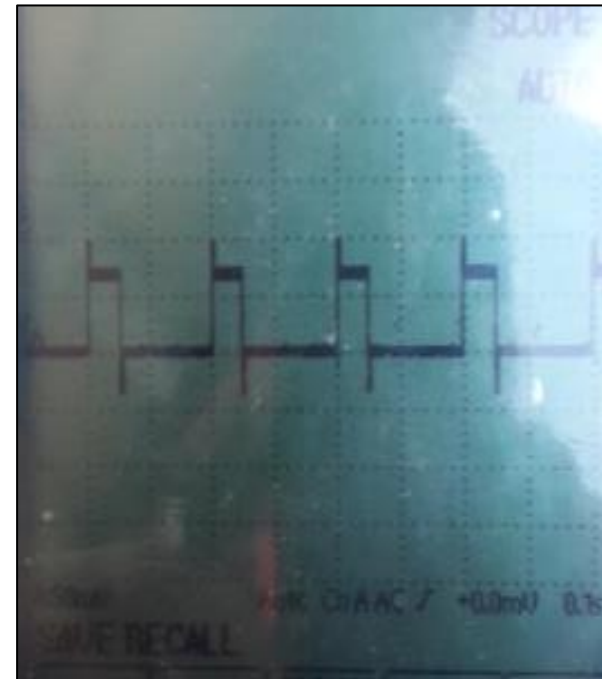
ADAPTACIÓN ELECTRÓNICA

- Obtención de señales

EGO

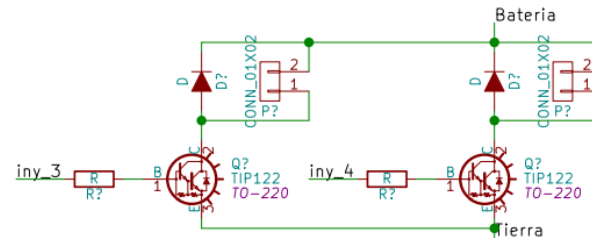
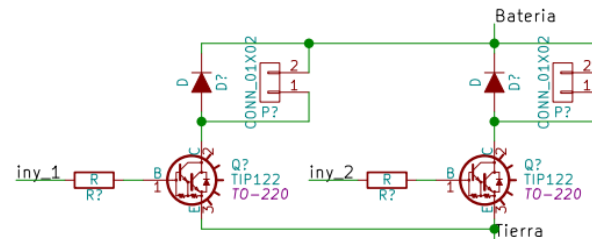
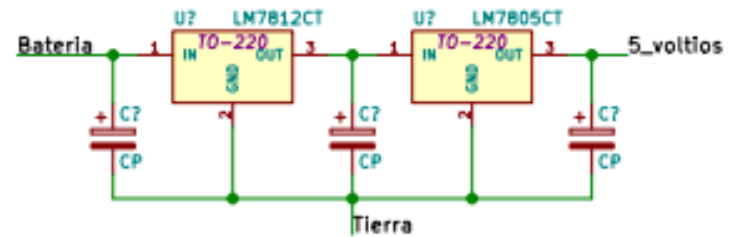
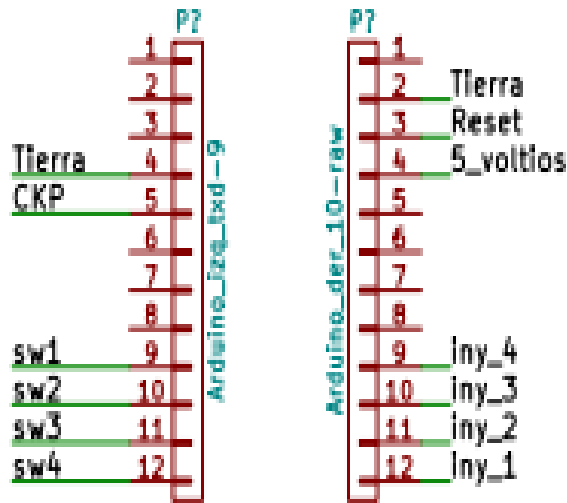


Inyectores



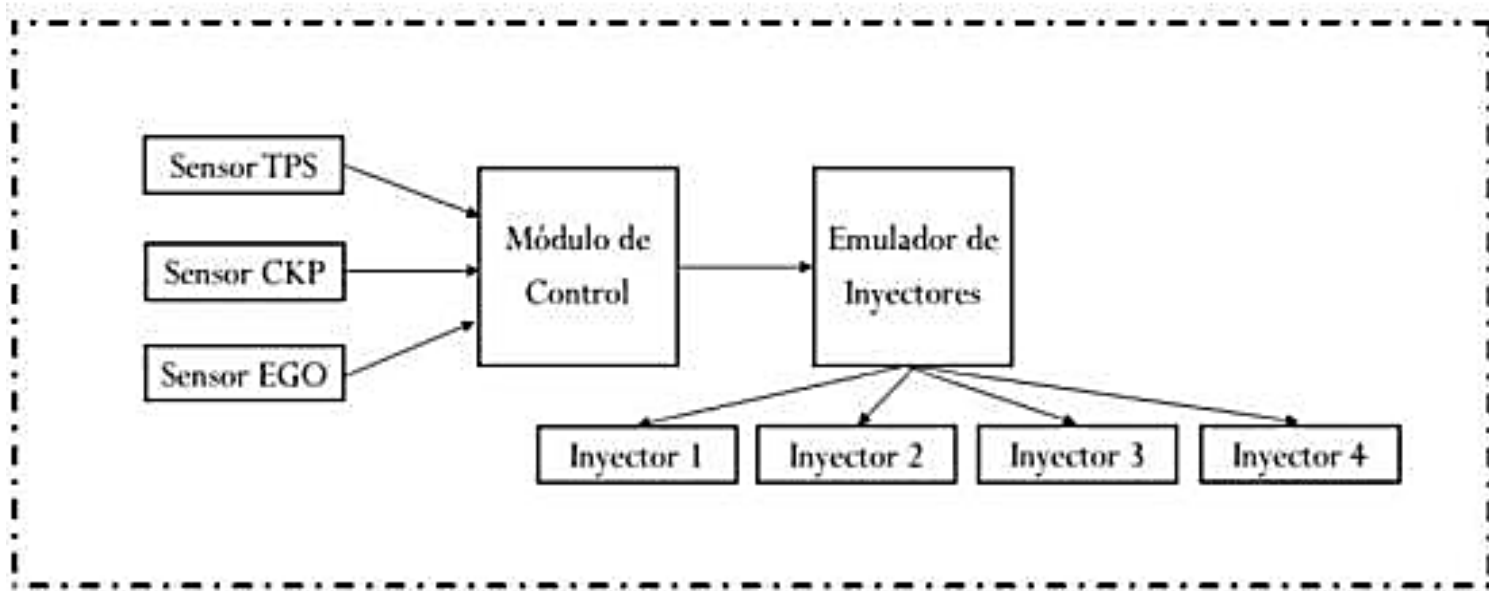
ADAPTACIÓN ELECTRÓNICA

- Emulador de inyectores



ADAPTACIÓN ELECTRÓNICA

- Esquema electrónico



CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

- Arduino IDE 1.8.0



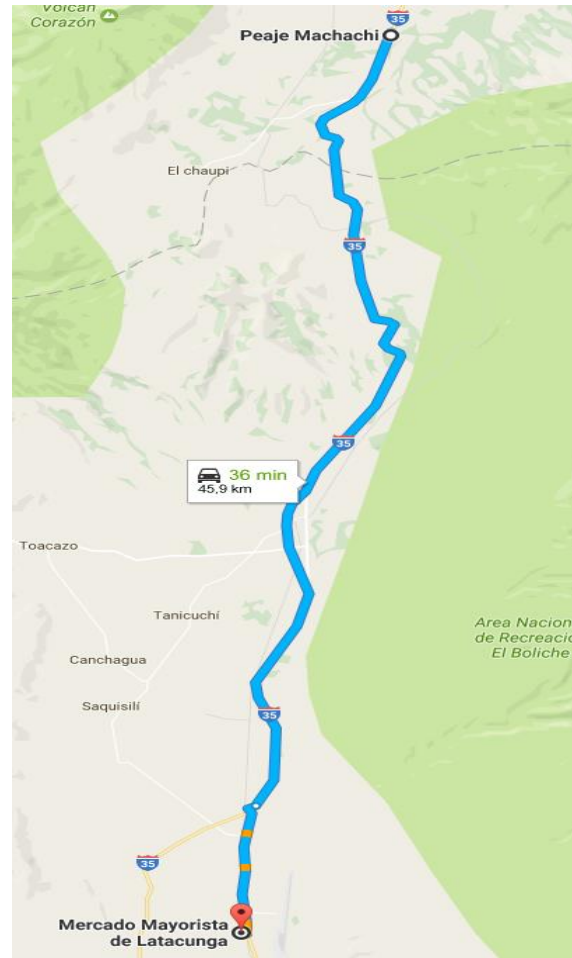
PRUEBAS

- Prueba de Fugas



PRUEBAS

- Prueba de ruta



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS

- Prueba de ruta

$$K_s = \frac{K * 100}{s} \left[\frac{L}{100 \text{ km}} \right]$$

Ecuación 1 Consumo de combustible en carretera
Fuente: (GTZ, 1986)

Dónde:

$$K_s = \text{Consumo de combustible} \left[\frac{L}{100 \text{ km}} \right]$$

$s = \text{Trayecto de medición}$

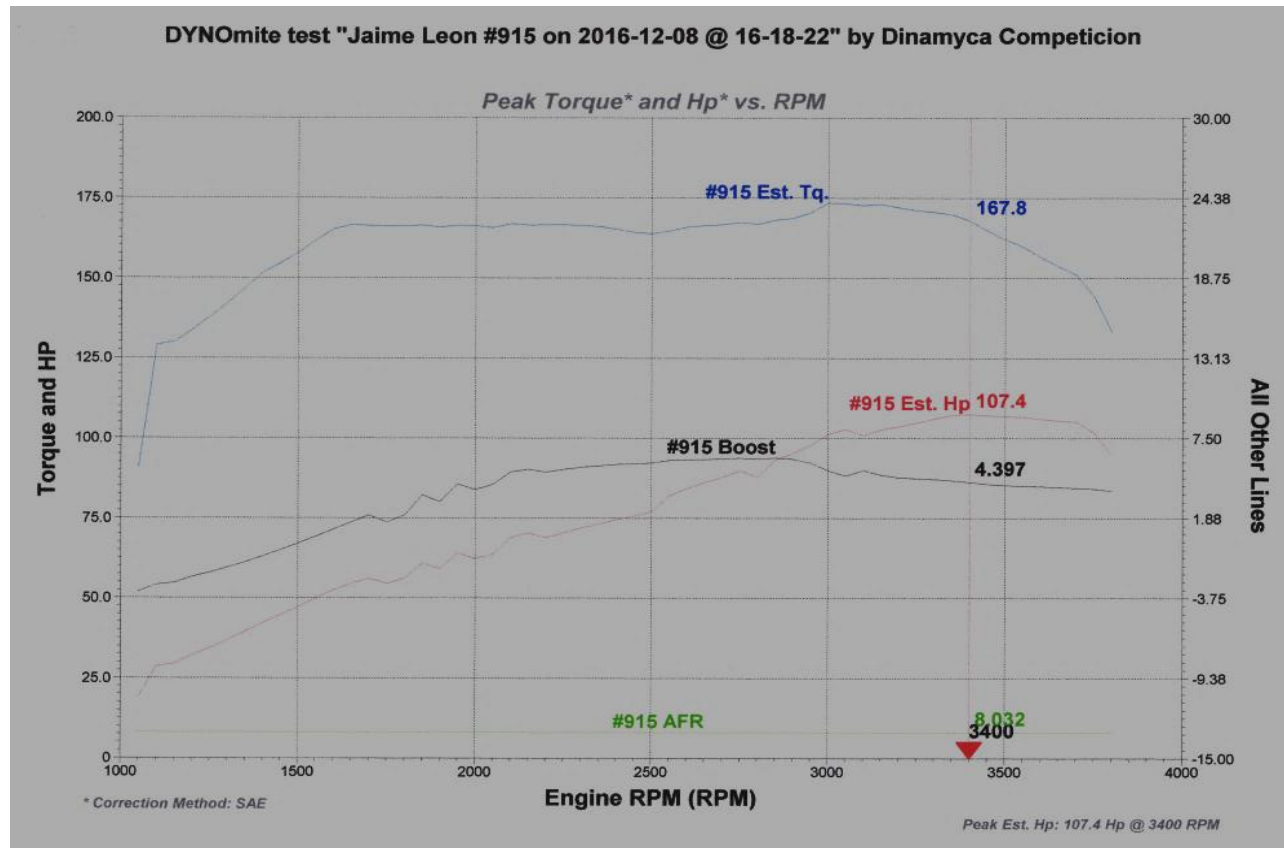
$$K_s = 4,36 \left[\frac{L}{100 \text{ km}} \right]$$

$$K_s = 3,81 \left[\frac{L}{100 \text{ km}} \right]$$



PRUEBAS

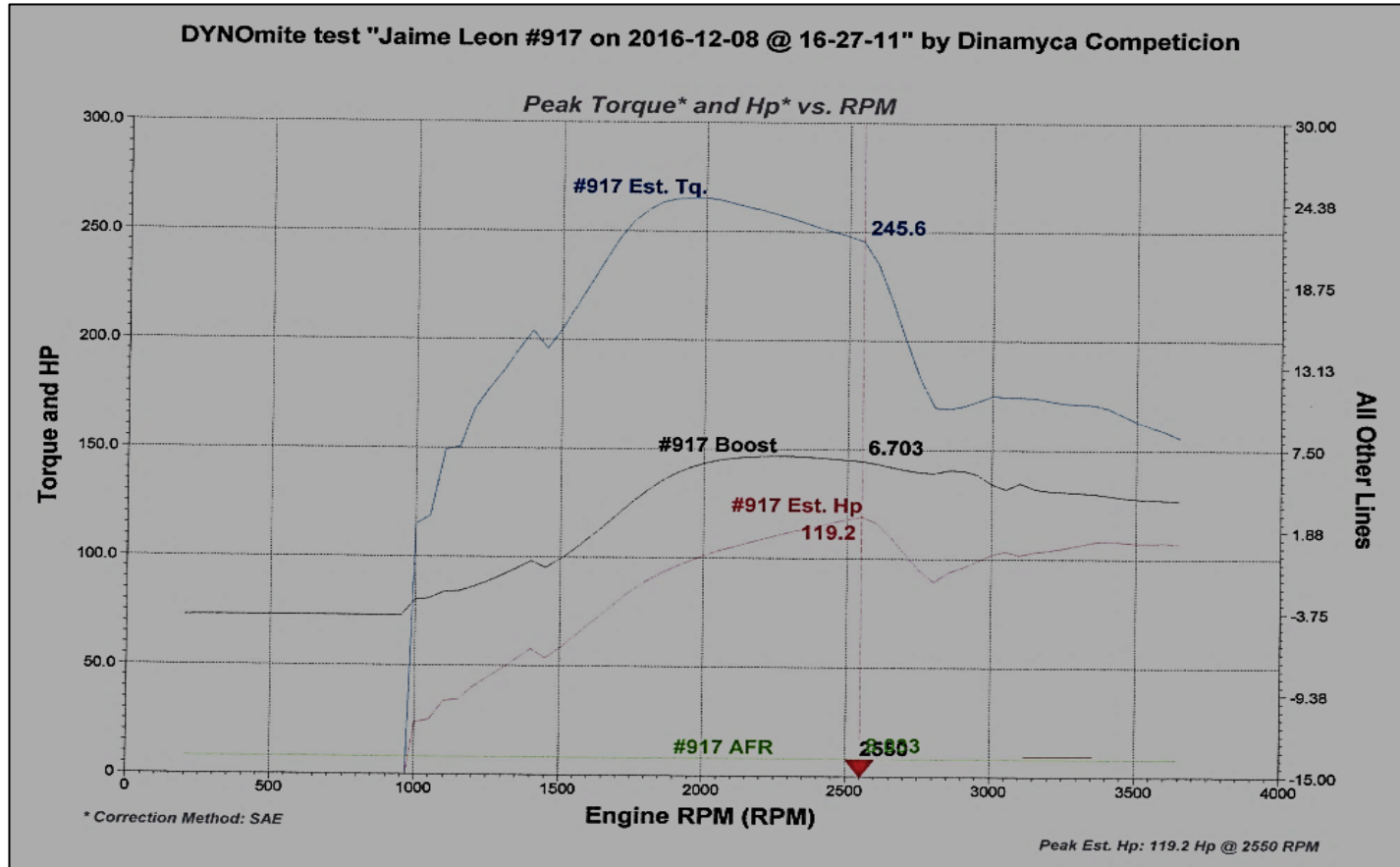
- Pruebas dinamométricas



Torque y potencia con diesel

PRUEBAS

- Pruebas dinamométricas

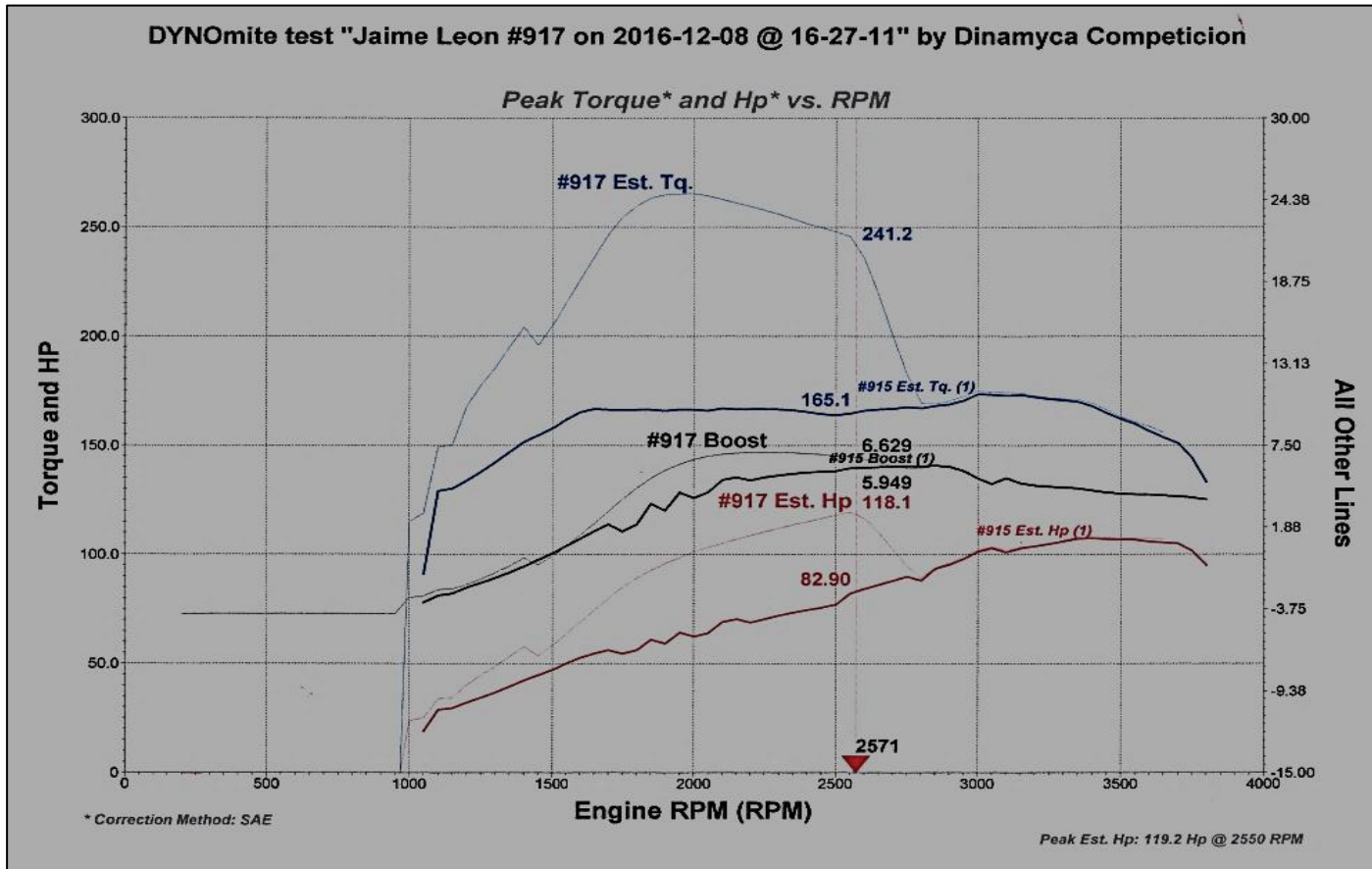


Torque y potencia con GNV/diesel



PRUEBAS

- Pruebas dinamométricas



Comparación de torque y potencia con diesel y GNV/diesel

PRUEBAS

- Pruebas de opacidad

		ESPE LATACUNGA Tel: 0000000	Email:
DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: JAIME APELLIDO: LEON IDENTIFICACION: 1720091238		DATOS DEL VEHICULO PLACA: XEC1005 MODELO: 2009 MARCA: CHEVROLET LINEA: DMAX NUMERO DE MOTOR: VIN: 8LBDTF4LX90019085 DIAM. EXHOSTO: 50.00	
PRUEBA ENSAYO: 2.27 % PRUEBA 1: 2.31 % PRUEBA 2: 2.02 % PRUEBA 3: 2.13 % OPACIDAD: 2.15 % FECHA Y HORA DE LA PRUEBA 12/14/2016 12:06:28	DISPOSITIVO DE MEDICION 8181 RPM RALENTI 821 RPM RPM GOBERNADA 3832 RPM TEMPERATURA DE OPACIDAD 0 ° NORMA OPACIDAD LIMITE: 10.00 % MOTIVO:	RESULTADO: APROBADA	
OPERARIO RESPONSABLE: _____ QUIROZ			

Resultados opacidad diesel



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS

- Pruebas de opacidad

ESPE LATACUNGA Tel: 0000000		Email:	
DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: JAIME APELLIDO: LEON IDENTIFICACION: 1720091238		DATOS DEL VEHICULO PLACA: XEC1005 MODELO: 2009 MARCA: CHEVROLET LINEA: DMAX NUMERO DE MOTOR: VIN: 8LBDF4LX90019085 DIAM. EXHOSTO: 50.00	
PRUEBA ENSAYO: 1.84 % PRUEBA 1: 1.18 % PRUEBA 2: 1.89 % PRUEBA 3: 2.04 % OPACIDAD: 1.70 % FECHA Y HORA DE LA PRUEBA/ 12/14/2016 12:24:21		DISPOSITIVO DE MEDICION 8181 RPM RALENTI 828 RPM RPM GOBERNADA 4037 RPM TEMPERATURA DE OPACIDAD 0 ° NORMA OPACIDAD LIMITE: 10.00 % MOTIVO: RESULTADO: APROBADA	
OPERARIO RESPONSABLE: _____ QUIROZ			

Resultados opacidad GNV/diesel



PRUEBAS

- Análisis de gases

DATOS DEL CLIENTE			DATOS DEL VEHICULO			
NOMBRE:	Jaime		PLACA:	XEC-1005	MODELO:	2009
APELLIDO:	León		MARCA:	Chevrolet	LÍNEA:	D-Max
IDENTIFICACIÓN:	1720091238		NÚMERO DEL MOTOR:	4JA1751744		
			VIN:	8LBDF4LX90019085		

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES			DISPOSITIVO DE MEDICIÓN AGS-688	
TEMP. MOTOR	[°C]	92	RPM RALENTÍ	828 rpm
LAMBDA	[-]	2.8	RPM GOBERNADA	2400 rpm
CO	[% Vol]	0.85		
CO ₂	[% Vol]	12.341		
HC	[ppm Vol]	119	FECHA Y HORA DE LA PRUEBA	
NO	[ppm Vol]	349	12/15/2016 15:10:07	

OPERARIO RESPONSABLE

Prueba de gases diesel



PRUEBAS

- Análisis de gases

DATOS DEL CLIENTE			DATOS DEL VEHICULO			
NOMBRE:	Jaime		PLACA:	XEC-1005	MODELO:	2009
APELLIDO:	León		MARCA:	Chevrolet	LÍNEA:	D-Max
IDENTIFICACIÓN:	1720091238		NÚMERO DEL MOTOR:	4JA1751744		
			VIN:	8LBDTF4LX90019085		

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES			DISPOSITIVO DE MEDICIÓN AGS-688	
TEMP. MOTOR	[°C]	95	RPM RALENTÍ	828 rpm
LAMBDA	[-]	3.2	RPM GOBERNADA	2400 rpm
CO	[% Vol]	0.79		
CO ₂	[% Vol]	11.982		
HC	[ppm Vol]	107		
NO	[ppm Vol]	467		

OPERARIO RESPONSABLE

FECHA Y HORA DE LA PRUEBA
12/15/2016 15:40:13

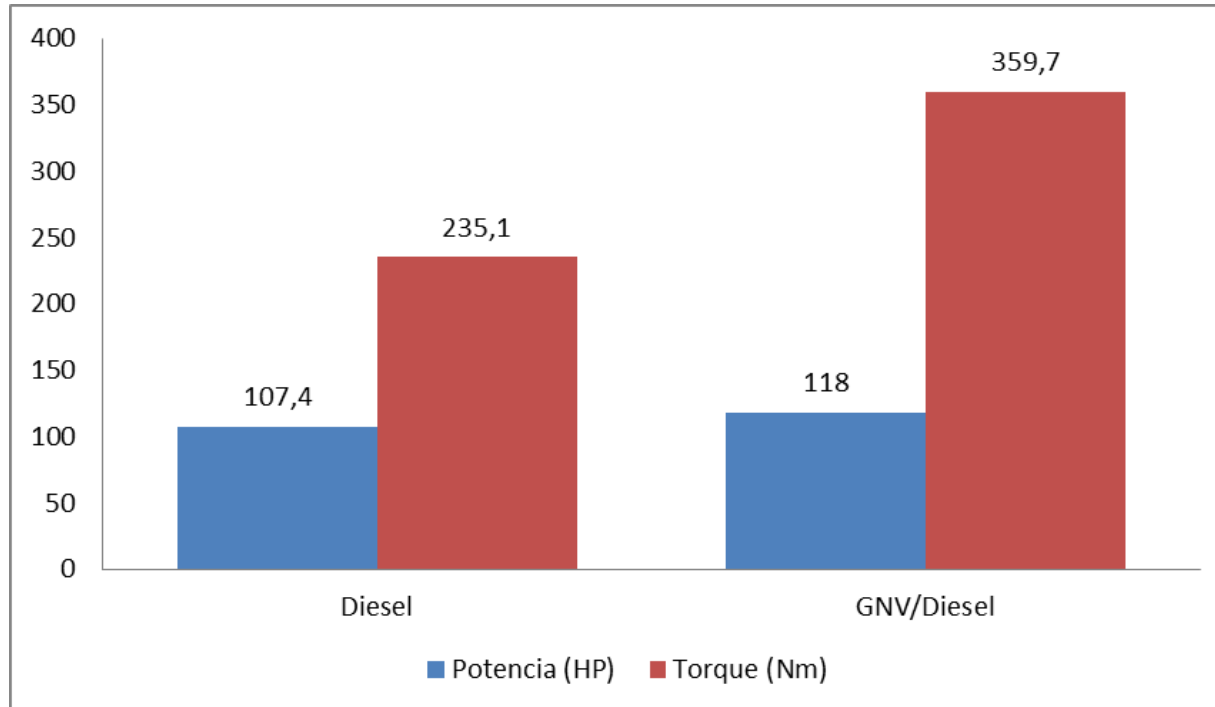
Prueba de gases GNV/diesel



ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Torque y potencia

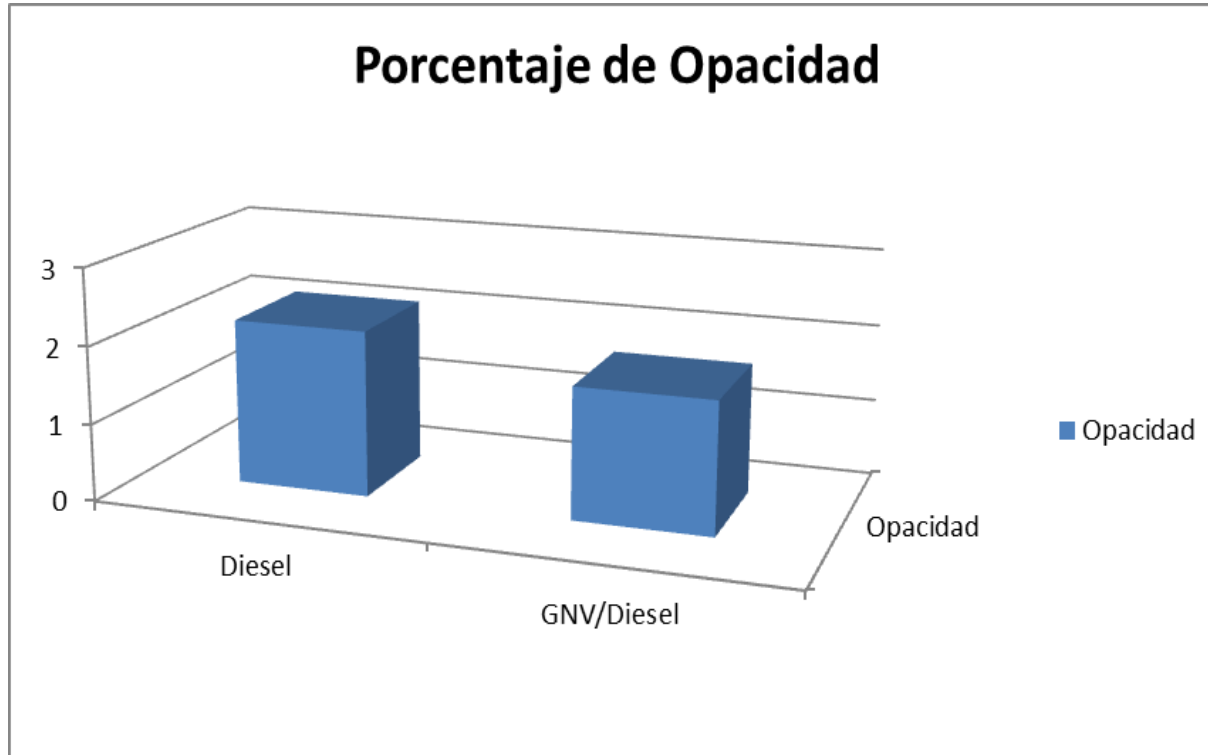


Variación de potencia y torque



ANÁLISIS DE RESULTADOS

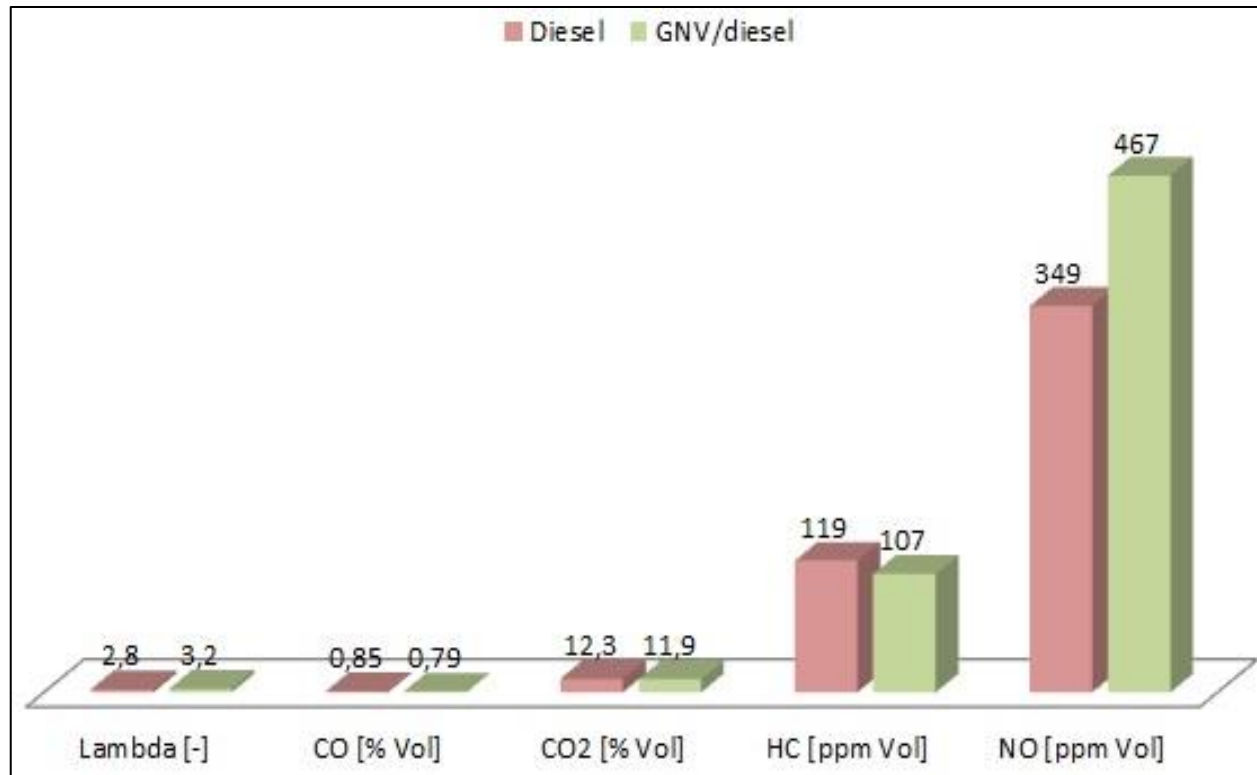
- **Porcentaje de opacidad**



Variación de la Opacidad

ANÁLISIS DE RESULTADO

- Emisión de gases



Comparación emisión de gases

CONCLUSIONES

- Mediante la implementación del sistema alternativo bifuel GNV/diesel en la camioneta Chevrolet Luv D-Max no se logró reducir la cantidad de emisión de óxido nitroso (NO), el mismo que se incrementó en un 33,81 % con respecto al funcionamiento del motor con diesel.
- Con la implementación del sistema alternativo bifuel GNV/diesel en la camioneta Chevrolet Luv D-Max se consiguió mejorar los parámetros de rendimiento del motor de la misma, logrando un aumento del 52,99 % del torque y un 9,86 % de potencia.
- Se pudo determinar que el costo de combustible por cada 100 km de recorrido cuando la camioneta funciona con combustible convencional es de 4,52 dólares americanos, mientras que el costo del mismo trayecto, con el sistema alternativo bifuel GNV/diesel en funcionamiento es de 4,26 dólares americanos; lo que proporciona un ahorro de 0,26 dólares americanos por cada 100 km recorridos, por lo tanto en 100000 km de recorrido se genera un ahorro de 260 dólares americanos.



CONCLUSIONES

- Se observó una disminución del 0,45 % de la opacidad del motor de la camioneta Chevrolet Luv D-Max cuando ésta opera con el sistema alternativo bifuel GNV/diesel, en comparación a su funcionamiento con diesel.
- Se determinó que las emisiones de hidrocarburos (HC) se redujeron en 10,08 % cuando el motor funciona con el sistema alternativo bifuel lo que permite disminuir la emanación de gases contaminantes al medio ambiente.
- Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) reflejan una disminución de 2,91 % cuando el motor trabaja con el sistema alternativo bifuel GNV/diesel, aportando a la disminución del efecto invernadero que es generado por estos subproductos de la combustión de los motores alternativos.
- Se consiguió una disminución del 7,06 % de las emisiones de óxido de carbono (CO) lo que contribuye a mejorar la calidad del aire, y por lo tanto brinda aportes medioambientales.



CONCLUSIONES

- Mediante la realización del proyecto se pudo determinar que en Ecuador no se comercializar el GNC como carburante en la transportación y movilidad de vehículos, su uso es exclusivo de cada una de las empresas o plantas que explotan crudo y derivados.
- La implementación del sistema es viable en cuanto a términos medioambientales, puesto que todas las emisiones disminuyen, excepto el NOx que aumenta; en cuanto al rendimiento del vehículo, tanto el torque como la potencia, presentan un aumento lo que es favorable para el proyecto; en cuanto a aspectos económicos se concluye que el proyecto no tiene viabilidad porque en nuestro medio el costo del GNC es elevado.
- Existe una relación directa entre el régimen de giro y la dosificación del gas natural comprimido lo que de cierta manera afecta el trabajo del motor si este es sometido a cargas bruscas produciendo golpeteo dado las propiedades propias GNV acelerando el proceso de combustión.



RECOMENDACIONES

- Investigar la incidencia del GNV en vehículos de quinta generación con motores de ciclo Otto y ciclo Diesel.
- Implementar un sistema irreversible para analizar y comparar el ciclo termodinámico de esta conversión con respecto al sistema implementado y estudio realizado en el presente proyecto.
- Utilizar programación de módulos de control electrónico, sistemas originales y sistemas de inyección a gas.



RECOMENDACIONES

- Para estudios posteriores, conversiones irreversibles o nuevas alternativas de investigación de sistemas con GNV; se recomienda utilizar pistones forjados, principalmente con aleaciones de aluminio y/o silicio, que permitan disipar mayor temperatura; para prevenir daños en las partes internas del motor.
- Plantear métodos y procedimientos para una adecuada y óptima utilización del GNC en plantas petroleras de nuestro país.

RECOMENDACIONES

- Implementar inyectores dual para reducir las pérdidas de bombeo del combustible y aumentar la eficiencia del mismo; dando lugar a una combustión más suave y estable.

“Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía. Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia”



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA