

SISTEMA BIFUEL ALTERNATIVO GNV/DIESEL**ALTERNATIVE BIFUEL SISTEM GNV/DIESEL**

Ramos Jinez Alex Javier¹, Romero Guano Néstor Aníbal², León Almeida Jaime Eduardo³, Quiroz Erazo Leonidas Antonio⁴, Lozada Pilco Jonathan Samuel⁵, Suárez Castro Alexander Rafael⁶, Salinas Adriana⁷

^{1,3} Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga

^{2,4} Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quijano y Ordoñez y Marques de Maenza s/n

⁵ Americantruck, Quito

⁶ Escuela de Conducción Profesional ESPE, Latacunga

⁷KIA Motors - Latacunga

e-mail: ¹ajramos@espe.edu.ec, ²naromero@espe.edu.ec, ³jeleon2@espe.edu.ec, ⁴laquiroz@espe.edu.ec ⁵jhon.lozada@americantruckecuador.com, ⁶arsuarez@espe.edu.ec

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro VI Edición 2017, No.1 (19)

Resumen

El proyecto consiste en la implementación de un sistema Bifuel GNV/Diesel de acuerdo a la Normativa Técnica Ecuatoriana vigente, con combustible alternativo, de tal manera de determinar la incidencia de este carburante en las emisiones, producto de los procesos de combustión y rendimiento mecánico del motor de combustión interna ciclo Diesel. La implementación del sistema se realiza mediante la adaptación de componentes mecánicos y electrónicos, en el sistema de alimentación y gestión electrónica. El sistema bifuel está constituido por un sistema neumático de alta y baja presión, controlados a partir de la gestión electrónica de combustible del sistema de alimentación GNV/Diesel, mediante sensores, actuadores y módulos de control. Una vez instalado el sistema en el vehículo, se realizan pruebas de funcionalidad, análisis de emisiones, pruebas dinámicas y pruebas de ruta, en condiciones estándar y con la implementación del sistema Bifuel GNV/Diesel. La implementación del sistema Bifuel disminuye la emisión de gases contaminantes y niveles de opacidad, contribuyendo al medio ambiente y optimizando el rendimiento del motor en parámetros de torque y potencia

Palabras Clave:

Sistema bifuel, GNV/Diesel, emisión de gases – opacidad.

Abstract

The project consists of the implementation of a Bifuel GNV/Diesel system in accordance with the current Ecuadorian Technical Regulations, with alternative fuel, in order to determine the incidence of this fuel in the emissions, product of the combustion processes and mechanical performance of the Internal combustion engine Diesel cycle. The implementation of the system is carried out through the adaptation of mechanical and electronic components, in the power supply and electronic management system. The bifuel system is constituted by a pneumatic system of high and low pressure, controlled from the electronic fuel management of the GNV/Diesel power system, by means of sensors, actuators and control modules. Once the system is installed in the vehicle, functionality tests, emission analysis, dynamometer tests and road tests are performed under standard conditions and with the implementation of the Bifuel GNV/Diesel system. The implementation of the Bifuel system reduces the emission of polluting gases and levels of opacity, contributing to the environment and optimizing the performance of the engine in torque and power parameters.

Keywords:

Bifuel system, GNV/Diesel, emission of gases – opacity.

1. INTRODUCCIÓN

El funcionamiento del sistema GNV/Diésel consiste en adaptar un actuador en el múltiple de admisión del motor que proporcione la cantidad adecuada de GNV, esta mezcla de GNV-Aire ingresa a la cámara de combustión por aspersión donde es comprimida por el ascenso del pistón; a continuación ingresa diésel a alta presión por el inyector lo que ocasiona la combustión del GNV/Diésel, generando el trabajo del motor.

Para la implementación del sistema GNV/Diésel es necesario analizar los parámetros de funcionamiento del vehículo, y de ésta manera seleccionar los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que garanticen la conversión; considerando normas de conversión, instalación y seguridad, mediante una calibración que permita poner a punto el motor, de tal manera que garantice la funcionalidad y operatividad del sistema bifuel.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Componentes del sistema Bifuel

Los componentes, tanto mecánicos, eléctricos y electrónicos, del sistema bifuel se dividen en diferentes tipos, entre los que se destacan sensores, actuadores, componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.



Figura 1. Componentes del sistema bifuel

Sensores

Los sensores que intervienen en el sistema bifuel GNV/Diesel son TPS, CKP y EGO.

El TPS (Sensor de posición de la mariposa del acelerador) es un sensor tipo potenciómetro compuesto por tres cables, el de alimentación, el de señal y el de masa.

El CKP (Sensor de posición del cigüeñal) es un sensor de tipo inductivo compuesto por dos cables, que generan una señal de voltaje alterno.

EL EGO (Sensor de oxígeno) es un sensor de tipo piezoeléctrico, compuesto por zirconio y el mismo al contacto con el oxígeno generan una reacción química y por lo tanto un voltaje que va desde 0.1 a 0.9 V. [1]

Actuadores

Los principales actuadores que intervienen en el sistema de conversión dual GNV/Diésel son los inyectores de gas que son los encargados de proporcionar la cantidad adecuada de gas en la admisión del vehículo para su posterior combustión, solenoides que complementan la parte electrónica del sistema. [1]



Figura 2. Inyectores GNV.

El regulador de presión es el encargado de mantener la presión del gas en el sistema, además de proporcionar la presión adecuada para el correcto funcionamiento del sistema GNV/Diesel.



Figura 3. Regulador de presión.

La función principal del reductor de presión es reducir la presión del GNC contenido en el cilindro y dosificar la salida del mismo hacia los inyectores.

Para esto se requiere de tres etapas; la primera etapa reduce los 200 bares de presión con los que el GNC sale del tanque a una presión

aproximada de 3.5 bares, esto se logra mediante un conjunto resorte diafragma; el gas natural pasa por un agujero calibrado y se conecta con la segunda etapa en la que la presión se reduce a 1.5 bares de igual manera con un mecanismo resorte diafragma; en la tercera etapa se realiza un proceso similar a los anteriores con la particularidad que con la ayuda de un balancín y válvulas deja salir del regulador cierta presión se transforma en un caudal constante.

En el regulador de presión también actúa un circuito de agua, que tiene como principio, calentar el reductor, principalmente donde circula el caudal de GNC, a fin de evitar que la descompresión de éste provoque un congelamiento de las partes móviles del reductor. [2]

La válvula de carga está compuesta por un cuerpo principal y por un sistema de control manual de cierre y apertura circuito de gas natural comprimido, además de permitir la carga o abastecimiento de GNC desde las estaciones de carga. [3]



Figura 4. Válvula de carga

Adaptación mecánica

“Los cilindros a instalar en el vehículo deben estar contruidos para operar a una presión normal de 20 MPa (200 bar), estar aprobados por la entidad competente y una vez instalados, no ser modificados ni alterados.” [4]

“En cilindros de hasta 110 kg de tara los sunchos de sujeción deben tener un ancho mínimo de 30 mm y un espesor de 3 mm.” Por lo tanto se adquirió platina de ¼ de pulgada para realizar la estructura del soporte donde va ubicado el cilindro. [5]

Las platinas están fijadas al balde de la camioneta mediante pernos de sujeción, las mismas que envuelven al cilindro para que éste quede fijo

colocando entre el tanque y las platinas una protección de caucho para evitar el desgaste por fricción entre los componentes. [1]



Figura 5. Cilindro GNV.

Para el primer llenado, el cilindro de GNV, debe ser aspirado o dado una sustitución de nitrógeno para disipar el aire en el cilindro. Al menos 0.1 MPa de presión debe permanecer en el cilindro antes del relleno. Un cilindro de GNV llenado al máximo, debe estar mantenido lejos de fuentes de calor, rayos del sol directas y debe estar al menos 10 metros lejos de la flama.

Para tener una operatividad óptima con gas natural es necesario comprimir el gas natural hasta un máximo de 200 bares y después proceder al llenado. Por lo tanto los cilindros de almacenamiento deben ser muy resistentes para soportar tan elevadas presiones. [1]

“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. (h.1) Es recomendable que la ruta de la tubería siga la ruta de la línea de gasolina o línea de frenos original.”

De acuerdo a lo citado anteriormente, la cañería de alta presión en la camioneta está instalada junto a la línea de combustible de la misma. [6]

Adaptación electrónica

La llave conmutadora es una parte esencial en los motores que funcionan con sistema dual. Es la encargada de realizar el cambio de tipo de combustible cuando el sistema está en condiciones adecuadas para su correcto funcionamiento con GNV.



Figura 6. Llave conmutadora. [1]

La unidad electrónica de control es la encargada de generar los pulsos para la inyección del GNV en el sistema de admisión, la inyección va en función de los parámetros de lectura de los sensores del vehículo, en este caso según los valores del TPS y del sensor de revoluciones del motor.

Dentro de las principales características técnicas de la unidad de control electrónica se tiene: control preciso de la relación aire-combustible según la velocidad del motor, puede leer la información original del vehículo y los códigos OBD de avería, ajuste en tiempo real de la relación aire-combustible, adecuado para motores de 4 a 6 cilindros, función de diagnóstico automático, en caso de mal funcionamiento o falta de GNC.



Figura 7. Unidad electrónica de control. [1]

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis técnico de la instalación del sistema bifuel

En este punto se analizan los cambios presentados de torque y potencia de la camioneta antes y después de la instalación del sistema alternativo bifuel GNV/diésel

Tabla 1 Análisis variación de torque y potencia

	Combustible Convencional	Sistema alternativo bifuel GNV/diésel
Torque máximo (Nm)	235,10	359,70
Potencia máxima (HP)	107,4	118

La tabla 1 muestra los datos de torque y potencia del vehículo en dependencia del combustible con el que está operando, los datos fueron obtenidos de forma experimental con la realización de las pruebas dinamométricas.

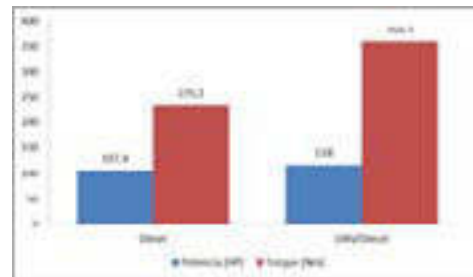


Figura 8 Variación de potencia y torque

Se determinó que el torque aumento en un 52,99 % y la potencia se incrementó en un 9,86 %.

Análisis económico de la instalación del sistema bifuel.

Para la realización del análisis económico es necesaria la comparación de los costes de operación de la camioneta con combustible convencional con los costes funcionando con el sistema alternativo bifuel GNV/diésel. [1]

En primer lugar se calcula el costo por kilómetro de recorrido de la camioneta funcionando con combustible convencional.

$$C_{100} = K_s * Costo \quad [1]$$

Ecuación 1 Costo de operación con diésel por cada 100 km [1]

Siendo:

$$C_{100} = Costo \text{ por } 100 \text{ km de recorrido}$$

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

$$Costo = precio \text{ del combustible por galón}$$

Reemplazando datos en la ecuación 1 se tiene:

$$C_{100} = 4,36 \left[\frac{L}{100 \text{ km}} \right] * \$ 1,037$$

$$C_{100} = 4,52 \left[\frac{\$}{100 \text{ km}} \right]$$

Lo que significa que por cada 100 km de recorrido la camioneta gastara 4,52 dólares de los Estados Unidos de América.

A continuación se calcula el costo por kilómetro de recorrido de la camioneta funcionando con el sistema alternativo bifuel GNV/diésel.

$$C_{100} = K_s \text{ diesel} * \text{Costo 1} + K_s \text{ GNC} * \text{Costo 2} \quad [2]$$

Ecuación 2 Costo de operación bifuel por cada 100 km [1]

Siendo:

$$C_{100} = \text{Costo por 100 km de recorrido}$$

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

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

Costo 1 = precio del diesel por galón

Costo 2 = precio del GNC por kilogramo

Lo que significa que por cada 100 km de recorrido con el sistema bifuel la camioneta gastara 4,26 dólares de los Estados Unidos de América.

Por lo tanto con los datos obtenidos, se puede realizar el cálculo de kilómetros necesarios para recuperar la inversión.

$$A_i = C_{100} \text{ Convencional} - C_{100} \text{ Dual} \quad \text{Ecuación 1 Cálculo de ahorro por 100 km [1]}$$

Dónde:

A_i = Ahorro por cada 100 km

$$C_{100} \text{ Dual} = \text{Costo por cada 100 Km dual} \left[\frac{\$}{100 \text{ km}} \right]$$

$$C_{100} \text{ Convencional} = \text{Costo por cada 100 Km convencional} \left[\frac{\$}{100 \text{ km}} \right]$$

Reemplazando los datos en la ecuación 3 se tiene:

$$A_i = C_{100} \text{ Convencional} - C_{100} \text{ Dual}$$

$$A_i = 4,52 \left[\frac{\$}{100 \text{ km}} \right] - 4,26 \left[\frac{\$}{100 \text{ km}} \right]$$

$$A_i = 0,26 \left[\frac{\$}{100 \text{ km}} \right]$$

Lo que indica que por cada 100 km se tendrá un ahorro de \$ 0,08 y por lo tanto se puede realizar la tabla 6 que indica el ahorro en torno a los kilómetros recorridos.

Tabla 2 Ahorro por kilómetros recorridos

Kilómetros recorridos	Ahorro
20000	\$ 52
25000	\$ 65
40000	\$ 104
50000	\$ 130
75000	\$ 195
100000	\$ 260

Análisis ambiental de la instalación del sistema bifuel.

Finalizadas las pruebas de emisión de gases en la camioneta, con el sistema bifuel GNV/diésel y con combustible convencional, se obtuvo datos veraces del comportamiento del motor, lo que permite realizar una comparación y análisis de parámetros tales como opacidad, gases contaminantes; con las dos formas de operación del motor.

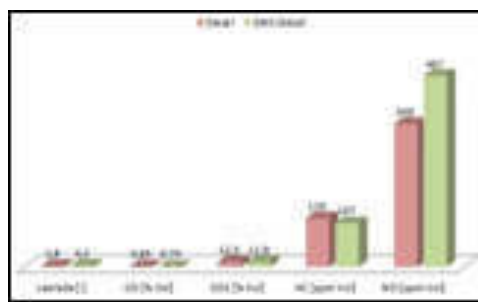


Figura 9 Comparación emisión de gases

En la figura 9 se aprecia la variación de los parámetros de emisión de gases entre el funcionamiento del motor con diésel y con el sistema GNV/diésel.

Se nota claramente un aumento de 14,29 % en el factor lambda, lo cual indica que el sistema bifuel trabaja con una mezcla rica para la combustión.

La emisión de óxido de carbono es menor cuando el motor trabaja con el sistema bifuel, aquí se tiene una reducción de 7,06 % en este parámetro.

En cuanto a la emisión de dióxido de carbono (CO_2) hay una disminución de 2,91 % cuando el motor trabaja con el sistema GNV/diésel. Reduciendo así la emanación de este gas de efecto invernadero.

La emisión de hidrocarburos (HC) se reduce en 10,08 % cuando el motor trabaja con el sistema bifuel. Se obtiene la disminución de otro parámetro importante de contaminación y contribuye al medio ambiente.

Finalmente, hay un parámetro que aumenta, en la emisión de óxido de nitrógeno (NO) se ve un incremento de 33,81 % cuando está en funcionamiento el sistema GNV/diésel. Estos gases son degradados inmediatamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias que por lo general están presentes en el aire.



Figura 10 Porcentaje de opacidad

El porcentaje de opacidad es menor cuando el motor trabaja con el sistema bifuel GNV/diésel, se muestra claramente una reducción de 0,45 % de este parámetro.

4. CONCLUSIONES

Con la implementación del sistema alternativo bifuel GNV/diésel se consiguió mejorar los parámetros de rendimiento del motor del vehículo, logrando un aumento del 52,99 % del torque y un 9,86 % de potencia.

Se observó una disminución del 0,45 % de la opacidad del motor del vehículo cuando éste opera con el sistema alternativo bifuel GNV/diésel, en comparación a su funcionamiento con diésel.

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/diésel, 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.

La implementación del sistema es viable en cuanto a términos medioambientales, puesto que todas las emisiones disminuyen, excepto el NO_x que aumenta; en cuanto al rendimiento del vehículo, tanto el torque como la potencia, presentan un aumento lo que es favorable para el proyecto.

REFERENCIAS

- [1] León Almeida, J. E., & Ramos Jinez, A. J. (2017). Sistema Bifuel alternativo GNV/diésel en la camioneta Chevrolet Luv D-Max de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.).
- [2] Alvarez Borrero, S. R., & Jaramillo Chamba, T. R. (2016). Eficiencia y rendimiento del combustible gas natural comprimido (GNC) en un motor a inyección didáctico (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- [3] Molina, P., Darío, S., Granja, C., & William, R. (2006). Análisis de factibilidad para la aplicación del "gas natural comprimido GNC" vehicular como combustible alternativo en motores a gasolina en el Ecuador (Bachelor's thesis, LATACUNGA/ESPE/2006).
- [4] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). Vehículos Automotores. Funcionamiento de Vehículos Automotores con GNCV. Instalación de equipos completos en Vehículos con gas natural vehicular (GNVC). Requisitos. Quito.
- [5] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES CON GNCV. INSTALACIÓN DE EQUIPOS COMPLETOS EN VEHÍCULOS CON

GAS NATURAL VEHICULAR (GNCV). REQUISITOS. En INEN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2488:2009 (pág. 18). Quito.

- [6] Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). DISPOSITIVOS DE SUJECCIÓN PARA CILINDROS EN VEHÍCULOS CON GAS NATURAL VEHICULAR (GNCV). REQUISITOS E INSPECCIÓN. En INEN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2591:2011. Quito.

6. BIOGRAFÍA



¹Alex Javier Ramos Jinez, nació en la ciudad de Ambato-Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, Docente a tiempo completo en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas.



²Néstor Aníbal Romero Guano, nacido en Pujilí Ingeniero Automotriz, Magister en gestión de Energías, Diploma Superior en Autotrónica, Diploma Superior en Gestión para el Aprendizaje Universitario. Director Administrativo (E) de la Escuela de Conducción Profesional ESPE. Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.



³Jaime Eduardo León Almeida, nació en la ciudad de Quito-Ecuador. Ingeniero Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Latacunga, Docente a tiempo completo en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas.



⁴Leonidas Antonio Quiroz Erazo, nació en Latacunga, Ingeniero Automotriz, Magister en gestión de Energías, Diploma Superior en Autotrónica, Diploma Superior en Gestión para el Aprendizaje Universitario. Jefe de Laboratorio de Mecánica de Patio, Planificador Académico Decem, Docente del área de conocimiento de Energía y Termofluidos, Procesos de Manufactura, Sistemas Automotrices, Especialista en Autotrónica y Electrónica del Automóvil, Mantenimiento Automotriz y Organización y Administración de Talleres de Servicio Automotriz.



⁵Jonathan Lozada Pilco, nació en la ciudad de Quito-Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, Líder de garantías y servicio técnico en Americantruck.



⁶Alexander Rafael Suarez Castro, nació en la ciudad de Ibarra. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, Docente en la Escuela Conducción Profesional ESPE.

⁷Salinas Adriana, Ingeniera Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Asesor Técnico Comercial en KIA Motors, presta servicios y asesoramiento en sistemas automotrices.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	10 octubre 2017
Fecha aceptación	22 diciembre 2017