

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO-USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Repotenciación de un motor de combustión interna Diésel

Proyecto de investigación

Sebastián Mauricio Cisneros Palacios

Electromecánica Automotriz

Trabajo de titulación presentado como requisito

para la obtención del título de

Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, 11 de diciembre de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO-USFQ

COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Repotenciación de un motor de combustión interna Diésel

Sebastian Mauricio Cisneros Palacios

Calificación

Nombre del profesor, título académico:

Gonzalo Tayupanta, MSc

Firma:

Quito, 11 de diciembre del 2018

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombre: Sebastián Mauricio Cisneros Palacios

Código de estudiante: 00104001

C. I.: 1719863027

Lugar, Fecha Quito , 11 de Diciembre del 2018

DEDICATORIA

Es realmente satisfactorio extender una dedicatoria de este proyecto de titulación a la persona que me impulso y me ha motivado de distintas maneras para alcanzar la culminación de este trabajo, de esta manera dedico exclusivamente a Carolina Cabezas por ser quien ha estado presente en los momentos más importantes de mi vida como este.

Sin olvidarme también, de todas las personas que han estado a mí alrededor para que esto se pueda hacer realidad como son mi familia y las demás personas con las que comparto mí día a día.

Por ultimo también quisiera participar de este gran esfuerzo a mi hijo quien es también una motivación grande en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Un gran agradecimiento para mi tutor del proyecto de titulación el MSc. Gonzalo Tayupanta quien ha sido la guía extraordinaria para el desarrollo de este proyecto.

Agradezco también a las personas que colaboraron en este proyecto como son el Ingeniero Diego Lincango personal de plata del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV).

RESUMEN

La pérdida de potencia en los motores a diésel es una de las problemáticas más comunes a las que un motor de estas características se enfrenta sobre todo cuando el conductor desea poner a prueba toda la potencia y torque que su motor a diésel posee según las características de fabricación, sin tomar en cuenta que la variación de presión atmosférica es un factor determinante para esta problemática que es muy común a gran altura como en la ciudad de Quito en Ecuador. Este es el caso de un motor a diésel de fabricación coreana de 2607 caballos de fuerza, modelo d4bb con una potencia referencial de 79 hp a nivel del mar que fue puesto en acción para la determinación si es o no real la potencia indicada en la ficha técnica del fabricante dentro de varias condiciones atmosféricas. De acuerdo a las pruebas técnicas elaboradas en un centro especializado para camiones, se pudo llegar a determinar que la afectación por la variación atmosférica a más 2500 metros de altura sobre el nivel del mar sin modificación o repotenciación es de un 53% comparado con la ficha técnica del fabricante, por esta razón se realiza la repotenciación de un motor d4bb a diésel con el único fin de llegar a cumplir lo que el fabricante de este motor indica en su ficha técnica. Al realizar el proceso de repotenciación del motor modelo d4bb se comprobó que es posible bajar este porcentaje de pérdida hasta un 18 % siendo este un valor tolerable y que en la práctica este tipo de motor presenta un desarrollo notable que cumple con las expectativas planteadas en este proyecto. Para poder realizar el proceso de repotenciación de este motor a diésel fue necesario la adaptación de un turbo compresor con sistema intercooler que al someter a distintas pruebas y calibraciones nos proporcionó un rendimiento mayor estable de 30 caballos de fuerza adicionales a los que presentaba sin modificación o repotenciación, con esto podemos concluir que es posible compensar la falta de potencia en este tipo de motores así como también la optimización del consumo de combustible y la reducción emisiones contaminantes.

ABSTRACT

One of the most common problems a diesel engine has, when testing a car, is the loss of power. In most manufacturing characteristics, the variation of the atmospheric pressure is not taken into account, which could be a determining factor in the loss of power of diesel engines. Quito, the capital of Ecuador, is at 2850 m above the sea level. Diesel engines are made at consideration of the sea level atmospheric pressure. The 2607-hp Korean-made diesel engine, model d4bb, for example, has a reference power of 79 HP at sea level. This motor was tested for determine whether the power indicated in the manufacturer's data sheet is real within various atmospheric conditions or not. According to the technical tests developed in a specialized center for trucks, it was possible to determine that the atmospheric variation, at more than 2500 meters above the sea level without modification or repowering, does has a significant impact (53%) compared to the manufacturer's technical sheet. For this reason, the repowering of a d4bb diesel engine is made with the sole purpose of achieving what the manufacturer of this engine indicates in its technical sheet. When carrying out the repowering process of the model d4bb engine, it was found that it is possible to lower the loss percentage up to 18%, which is considered a tolerable value. In practice, this type of engine has a remarkable development that meets the expectations raised in this project. In order to carry out the repowering process of a diesel engine, it was necessary to adopt a turbo compressor with an intercooler system, that by submitting to different tests and calibrations, the results showed a stable higher yield of 30 horsepower more to those results without modification or repowering. Finally, it can be concluded that it is possible to compensate the lack of power in diesel engines, and it can also be optimized the fuel consumption and the reduction of polluting emissions.

Key Word: Repowering, Horsepower, Diesel engine, Pollution

TABLA DE CONTENIDO

1. Capítulo 1	11
1.1 Introducción	11
1.2 Objetivos	13
Objetivo Principal	13
Objetivo secundario	13
2. Capítulo 2	14
2.1 Revisión de literatura	14
2.1.2 Sistemas de Sobrealimentación de Motores.....	16
2.1.3 Sistema de regulación de presión del turbo:	20
2.1.4 Regulación de presión por accionamiento electrónico:	22
2.1.5 Temperatura interna de un turbocompresor:	23
2.1.6 Enfriador o Intercooler:	24
2.1.7 Ventajas y Desventajas del turbocompresor de geometría fija	24
2.1.8 Sobre alimentación de Motores Diésel	25
3. cAPITULO 3	27
3.1 Desarrollo del proyecto	27
3.1.1 Medición de Potencia y torque.....	27
3.1.2 Obtención de datos.....	28
3.1.4 Datos Obtenidos (1era prueba).....	29
3.2 Análisis de Resultados.....	30
4. Capítulo 4	32
4.1 Repotenciación del motor Diésel	32
4.2.1 Proceso de instalación.....	33
4.2.2 Procedimiento para ajuste de bomba de combustible con kit turbo Hyundai HD45	42
5. Capítulo 5	45
5.1 Proceso de medición con repotenciación de motor	45
5.1.1 Datos del Vehículo.....	45
5.1.2 Medición de Potencia y Torque con Sistema Turbo Cargador:	46
6. Conclusiones	48
7. Recomendaciones	49
8. Glosario de Términos	50
9. Referencias	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y Desventajas del turbocompresor de geometría fija	25
Tabla 2 Ficha especificaciones técnicas fuente: Elaboración propia	29
Tabla 3 Resultados de Potencia fuente: Elaboración propia	29
Tabla 4 Resultado de Torque fuente: Elaboración propia	30
Tabla 5 Cuadro comparativo - Potencia vs Especificaciones ficha técnica fabricante fuente: Elaboración propia	30
Tabla 6 Cuadro comparativo - Torque vs Especificaciones ficha técnica fabricante fuente: Elaboración propia	30
Tabla 7 Ficha especificaciones técnicas fuente: Elaboración propia	45
Tabla 8 Resultados de Potencia fuente: Elaboración Propia	46
Tabla 9 Resultados de Torque fuente: Elaboración propia.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Turbocompresores fuente: Pacheco, (2007)	17
Ilustración 2 Turbocompresor de geometría fija fuente: Sierra, (2007)	18
Ilustración 3 3 Turbocompresor de geometría fija fuente: Sierra, (2007)	19
Ilustración 4 Posiciones de la válvula wastage en función de la presión de sobrealimentación fuente: Sierra, (2007)	21
Ilustración 5 5 Esquema Interno fuente: Sierra, (2007)	22
<i>Ilustración 6 5 Esquema Interno fuente: Sierra, (2007)</i>	<i>23</i>
Ilustración 7 Temperatura que sufre un turbo fuente: (Nissens, 2003)	24
Ilustración 8 Turbocompresor con válvula de alivio (HOLSET, 2017)	26
Ilustración 9 Banco Dinamométricos con Sistema ASM y opacidad de carga fuente: Valencia U,D (2015)	28
Ilustración 10 Kit Turbocompresor	32
Ilustración 11 Desacople del sistema de escape: Elaboración propia	33
Ilustración 12 Sistema de lubricación para el turbo fuente: Elaboración propias	34
Ilustración 13 Sistema de escape fuente: Elaboración propia	35
Ilustración 14 Mangueras de lubricación fuente: Elaboración propia	36
Ilustración 15 Manguera de retorno de aceite fuente: Elaboración propia	37
Ilustración 16 Perno de sujeción del intercooler fuente: Elaboración propia	38
Ilustración 17 Cañerías del sistema de turbo fuente: Elaboración propia	38
Ilustración 18 Cañerías del sistema de turbo fuente: Elaboración propia	39
Ilustración 19 Cañerías del sistema de turbo fuente: Elaboración propia	39
Ilustración 20 Posición de cañerías del turbo fuente: Elaboración propia	40
Ilustración 21 Válvula de alivio fuente: Elaboración propia	41
Ilustración 22 Sistema de escape con el turbo fuente: Elaboración propia	42
Ilustración 23 Bomba de inyección fuente: Elaboración propia	42
Ilustración 24 Sistema de compensación fuente : Elaboración propia	43
Ilustración 25 Manguera de flujo de aire y tornillo de regulación fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 26 Regulación del accionamiento del acelerador fuente: Elaboración propia	44

1. CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Una de las características más importantes del mercado actual es la comparación que realiza el cliente para la decisión de comprar o no un vehículo sobre todo cuando se trata de un vehículo de trabajo, es decir un vehículo de uso comercial, por ello es importante estar en constante innovación y uno de estos procesos de innovación es la repotenciación de motores en donde se da mayor capacidad para generar potencia y mayor capacidad de trabajo de los motores a diésel con los que vienen principalmente los vehículos comerciales (Puente, 2017).

Por esta razón es importante reconocer la falta de potencia del motor a diésel principalmente a partir de los 2000 metros de altura donde el motor pierda su fuerza y no genera la suficiente potencia para poder realizar un trabajo de carga (Puente, 2017). De tal forma se constata con una prueba de ruta la falta de potencia, exigiendo al vehículo en una pendiente de 45 grados dando como resultado un problema de falta de potencia del motor utilizado para la investigación.

Al tener un motor de combustión interna diésel a más 2000 metros de altura se genera una pérdida de potencia sobretodo en el motor que se seleccionó para esta investigación. El motor D4BB no cumple con las especificaciones técnica a 2000 metros de altura por esta razón se ve la necesidad de desarrollar una repotenciación del motor de combustión interna para lograr incrementar la potencia y lograr que el vehículo cumpla con los estándares técnicos, trabaje adecuadamente y cumpla con los requerimientos que el cliente busca para un vehículo de uso comercial.

Otro punto importante el cual motiva este trabajo de investigación involucra en si el grado de contaminación y si cumple los niveles permitidos de la revisión técnica vehicular para no tener problemas con las entidades gubernamentales que son los entes reguladores a nivel nacional del nivel de emisiones de CO2 permitidos para los vehículos pesados de uso comercial principalmente en las ciudades grandes como Quito, Guayaquil y Cuenca.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo Principal

El objetivo de este trabajo es la repotenciación de un motor D4BB diésel para incrementar la potencia y compensar así la pérdida de la misma al poner el motor en funcionamiento a más de 2000 metros de altura.

Objetivo secundario

- Realizar la validación del proceso de repotenciación de un motor a diésel para el cumplimiento de los niveles de emisiones de gases.
- Verificación del proceso adecuado para la adaptación y repotenciación del motor utilizando un turbocompresor de geometría fija con intercooler.

2. CAPÍTULO 2

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

El motor a Diésel fue creado en 1893, cuando uno de los ingenieros de la Compañía MAN (Rudolf Diésel) logra conseguir la primera patente del motor con la cual se consagrará a lo largo de la historia por este desarrollo (León, 2016) De tal manera, Rudolf Diésel toma los principios de la termodinámica para el desarrollo de estos motores (León, 2016). Sadi Carnot, especialista en la materia propone que no era necesaria una chispa dentro de las cámaras de combustión interna para provocar la ignición de la mezcla aire-combustible como funciona hasta ahora el motor de combustión interna a gasolina (León, 2016).

Las aplicaciones de estos primeros motores se veían afectados por su propia naturaleza ya que eran muy pesados, ruidosos y producían muchas vibraciones al estar en funcionamiento (Pacheco, 2007). Esto ocasionó varias modificaciones y diversos desarrollos importantes a lo largo del tiempo con la finalidad de mejorar cada vez más este primer prototipo de motor de combustión interna a diésel (Pacheco, 2007).

Después de varias pruebas y errores Rudolf se encuentra con la difícil tarea de crear un escenario ideal para que la mezcla de aire combustible más el calentamiento y la compresión óptima provoquen una ignición adecuada con la cual el motor de combustión interna diésel tenga el mejor desempeño sin correr el riesgo de explotar (Pacheco, 2007). Finalmente en 1897 la compañía MAN realiza la primera producción de un motor diésel basados en el diseño del Alemán Rudolf Diésel quien obtuvo el mejor desempeño del motor con un combustible poco volátil (Pacheco, 2007).

Siguiendo con la historia en 1898 Diésel se presenta un nuevo motor de un solo cilindro refrigerado por agua que por su buen desempeño es observado de buena manera por el señor

Adolphus Busch, quien era dueño de una fábrica de cervezas en esa época (León, 2016). Busch obsesionado por este nuevo motor compra su patente, desarrolla un motor de las mismas características aumentando un cilindro más que sería ocupado para la producción de energía en su planta de producción de cerveza (León, 2016).

Gracias a estos dos desarrollos importantes el ingeniero Adolphus Busch deduce que los motores de combustión interna gasolina eran de muy baja compresión y perdían prestaciones importantes por lo que se propone diseñar motores de características similares pero de una relación de compresión mayor a 20:1 (Purday, 1991). En los cambios que propuso estaba la utilización de una bomba de inyección, ductos e inyectores de mayor capacidad y de mejor desempeño para la obtención de una relación de compresión mayor (Purday, 1991). Es así como la industria hace un cambio en sus elementos principales y logra incursionar en nuevos motores para ser empleados en la movilidad marítima y terrestre (Purday, 1991).

Dentro de los fundamentos básicos tenemos el principio de funcionamiento de un motor a Diésel con el cual se comprende de mejor manera la diferencia específica con uno de combustión interna a gasolina (Purday, 1991). Como fundamento principal tenemos que el motor a diésel de combustión interna es térmico, es decir el encendido de este se da a través del aumento de temperatura en las cámaras de combustión por la compresión del aire que se produce internamente (Purday, 1991). Este motor funciona por la ignición de la mezcla adecuada de aire- combustible poco volátil sin una chispa (Purday, 1991). La temperatura necesaria para que se produzca esta ignición se da en el segundo tiempo de este motor que corresponde a la compresión; al mismo tiempo el combustible poco volátil Diésel es inyectado en la parte superior de la cámara de compresión con una presión elevada logrando así que se pulverice o se atomice con las partículas

de la mezcla aire que contiene una alta temperatura que a su vez da como resultado la quema de la mezcla muy rápidamente (Pacheco, 2007).

Esta gran combustión interna en las cámaras ocasiona que la mezcla de aire combustible se expanda, impulsando así que el pistón se mueva hacia abajo y el brazo de biela o la misma biela transmite el movimiento al cigüeñal cambiando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación (Pacheco, 2007).

2.1.2 Sistemas de Sobrealimentación de Motores

La sobrealimentación de motores es una práctica antigua que se puede investigar ampliamente desde el siglo XX (Sierra, 2007). En este año el Ingeniero Suizo A. Buchi lanza uno de los primeros proyectos para sobrealimentar un motor que se asemejaba bastante a lo que hoy en día lo conocemos como un turbocompresor, con esto en el año de 1910 se logra producir el primer turbocompresor que hasta el día de hoy se mantiene con la misma estructura y principio de funcionamiento (Sierra, 2007).

La sobrealimentación de motores es cuando un motor atmosférico logra aumentar el par motor y la potencia del vehículo sin variar o cambiar la cilindrada original ni el régimen del vehículo, aumentando o elevando la presión efectiva del cilindro del motor (Sierra, 2007). Todo esto sucede gracias a la posibilidad de ingresar al interior del cilindro una masa o volumen de aire mucho más grande de lo que se conseguirá normalmente con un motor atmosférico (Sierra, 2007). Un motor sobrealimentado puede llegar a ganar o aumentar su potencia en un 40 % aproximadamente a diferencia de un motor atmosférico (Sierra, 2007).

Para lograr inyectar o introducir un volumen de aire adicional dentro de la cámara de cilindros es necesario una máquina especial a la cual se le ha denominado compresor, la cual es capaz de sobrealimentar de aire al motor atmosférico (Sierra, 2007).

Existen varios tipos de compresores que se llegan a clasificar de la siguiente manera:

- **Turbocompresores:**

Su estructura es centrífuga y se los denomina turbos. Principalmente son accionados por los gases de escape del propio motor como se puede observar en la figura 1 A (Sierra, 2007).

- **Compresores Volumétricos:**

Su accionamiento es de forma mecánica por el cigüeñal por medio de bandas y o engranajes como se puede observar en la figura 1 B (Sierra, 2007).

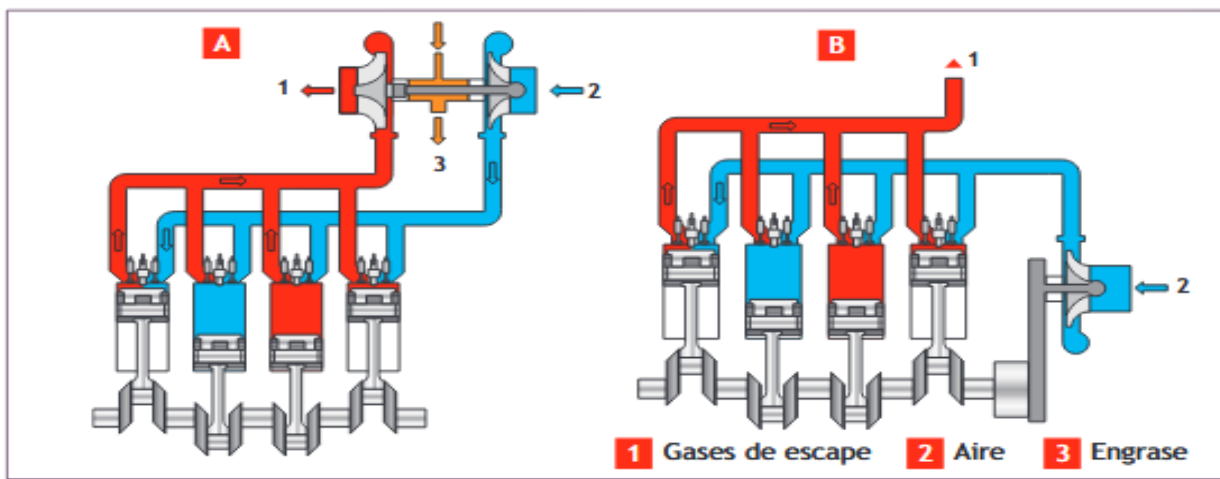


Ilustración 1 Turbocompresores fuente: Pacheco, (2007)

- **Compres:**

Son accionados de la misma manera que los compresores de geometría variable (volumétricos) estos utilizan la energía que se genera por los gases de escape y de admisión mediante ondas de presión (Sierra, 2007).

- **Turbocompresor:**

El turbocompresor es una bomba mecánica de aire inventada que ocupa la energía de los gases de escape del motor (Sierra, 2007). Estos gases hacen que la rueda de turbina que está

conectada a la rueda del compresor (Sierra, 2007). Cuando recibe movimiento esta rueda genera un gran volumen de aire a presión que provoca la elevación de la presión en la cámara de combustión del motor (Sierra, 2007). En el mercado actualmente se comercializan dos tipos de turbocompresores que son:

- Turbocompresor de geometría fija
- Turbocompresor de geometría variable

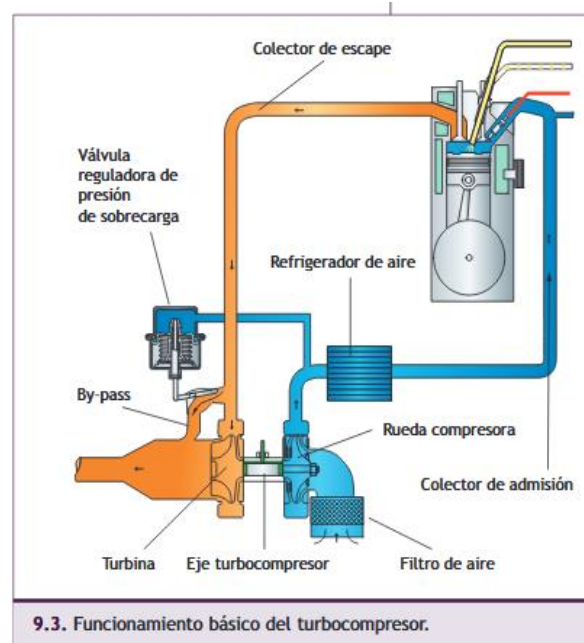


Ilustración 2 Turbocompresor de geometría fija fuente: Sierra, (2007)

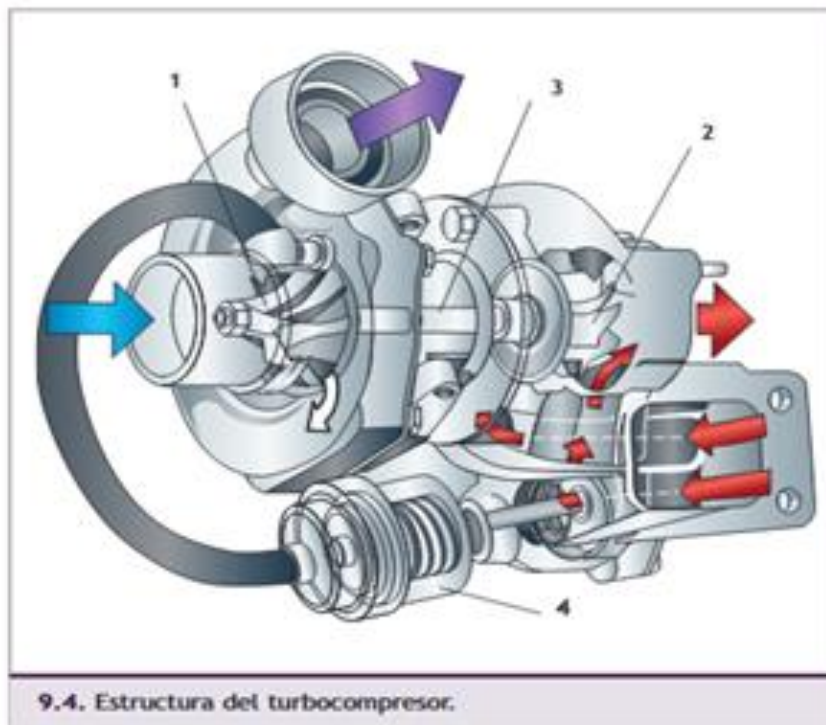


Ilustración 3 3Turbocompresor de geometría fija fuente: Sierra,(2007)

Está formado principalmente por una turbina y un compresor que están unidos por un eje común de forma opuesta (Sierra, 2007). Estos dos componentes poseen alabes para lograr aumentar la presión de alimentación de aire (Sierra, 2007).

En la parte externa anexa al turbo también encontramos una válvula de descarga que tiene la función de limitar la presión de sobrealimentación causada por los gases de escape (Sierra, 2007), haciendo que pasen directamente al escape sin ingresar al turbo (Sierra, 2007).

La forma de la turbina es tipo caracol con la cual se consigue aumentar la velocidad de los gases haciéndolos ingresar con mayor fuerza hacia los álabes (Sierra, 2007). Otra parte importante de este componente es la parte central en donde se ubica el eje que une el compresor con la turbina (Purday, 1991).

Este eje por su estructura está sometido a altas temperaturas que llegan alrededor de los 900 grados centígrados (Sierra, 2007). Todo el sistema de sobrealimentación (turbocompresor) se refrigera mediante el sistema de engrase (aceite o lubricante) (Purday, 1991). Se puede decir que el aceite que pasa por el turbo cumple dos tareas específicas que son:

- Lubricación de las partes internas de turbo
- Mantener la temperatura adecuada de los componentes internos del turbo (Barone, 2002).

Se puede decir que para garantizar la lubricación de las partes del turbo el motor no debe ser detenido inmediatamente, esto evita que las partes móviles del turbocompresor funcionen sin aceite que puede provocar un desgaste prematuro (Barone, 2002). Como se mencionó anteriormente el turbocompresor tiene una válvula de regulación que se explica a continuación:

2.1.3 Sistema de regulación de presión del turbo:

La regulación de la presión de sobrealimentación se puede variar para lograr limitar la presión que se entrega del turbo a la cámara de cilindros, la cual siempre va estar acorde con el régimen de trabajo a la cual está sometido el motor (León, 2016). Esta válvula mecánica Wastegate es la encargada de la regulación de presión de sobrealimentación del turbo (Barone, 2002). Esta válvula mecánica está ubicada en el by-pass con el conducto de escape (Barone, 2002). Esta se conforma con una capsula de presión de sobrealimentación, una membrana y una cámara de presión con un muelle tarado, esta válvula puede ser mecánica o eléctrica (Barone, 2002).

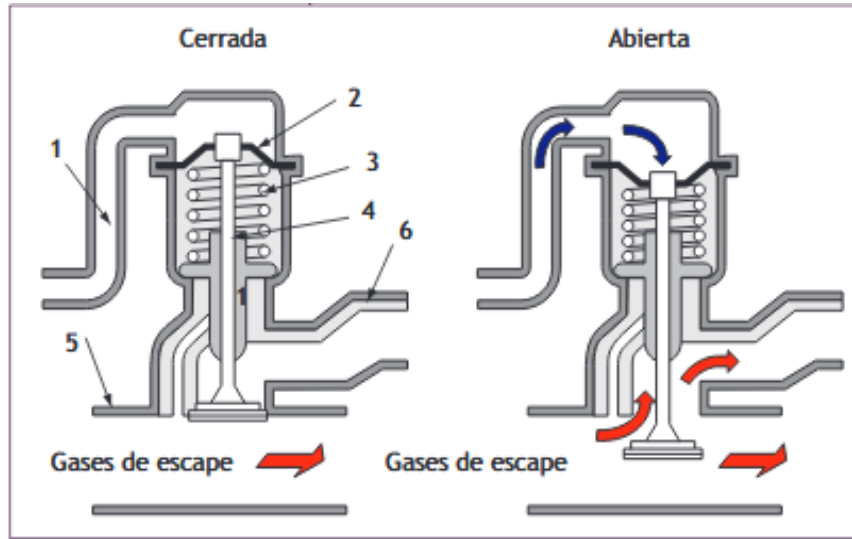


Ilustración 4 Posiciones de la válvula wastage en función de la presión de sobrealimentación fuente: Sierra, (2007)

Regulación de presión por válvula neumática:

Cuando el vehículo está en ralentí o carga parcial, es decir sin acelerar, los gases de escape son moderados sin embargo crean una presión de sobrealimentación en el turbo pero que es incapaz de abrir esta válvula (Sierra, 2007). Si el motor empieza a girar a plena carga (Sierra, 2007), es decir acelerado con RPMS altas, la presión de los ductos de admisión sobrepasan los valores preestablecidos (Sierra, 2007). Esta presión se transmite desde el ducto de admisión a la válvula causando así que la membrana se desplace y que está a su vez mueve el muelle tarado y baje hasta el su asiento (Sierra, 2007). Con este accionamiento provoca que parte de los gases de escape dejen de fluir hacia el turbocompresor logrando bajar la presión en el compresor y aliviando la presión en la admisión (Barone, 2002).

2.1.4 Regulación de presión por accionamiento electrónico:

La única diferencia notoria es que la válvula pasa de ser neumática a una electroválvula de regulación (Barone, 2002).

Esta electroválvula recibe señal de la unidad de control quién monitorea el funcionamiento de esta por medio de las señales de las revoluciones por minuto, temperatura del aire y posición del acelerador (Barone, 2002).

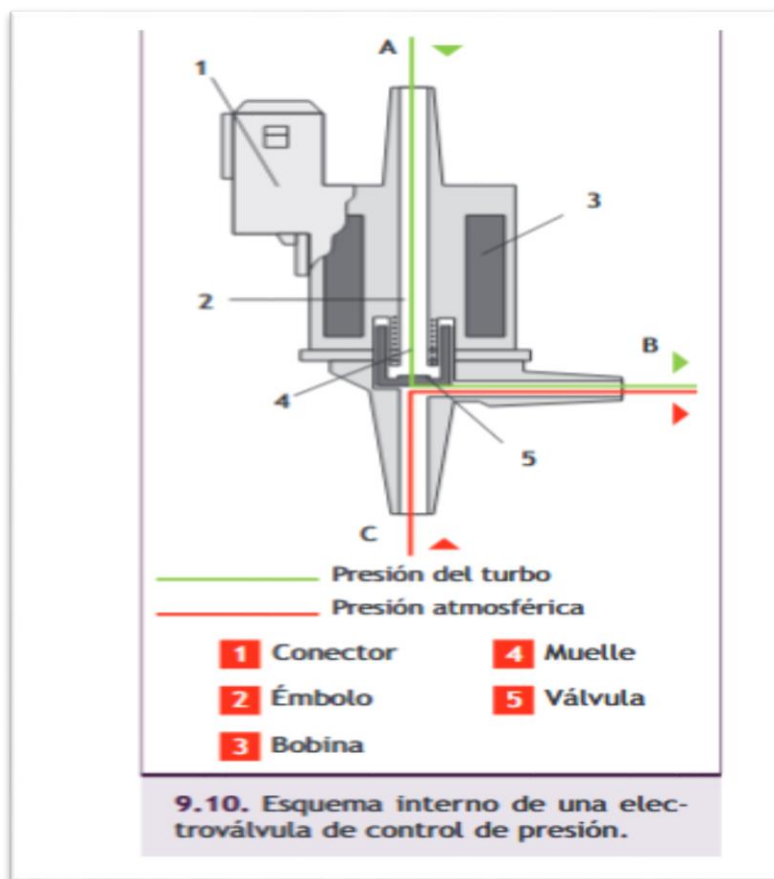


Ilustración 5 5 Esquema Interno fuente: Sierra, (2007)

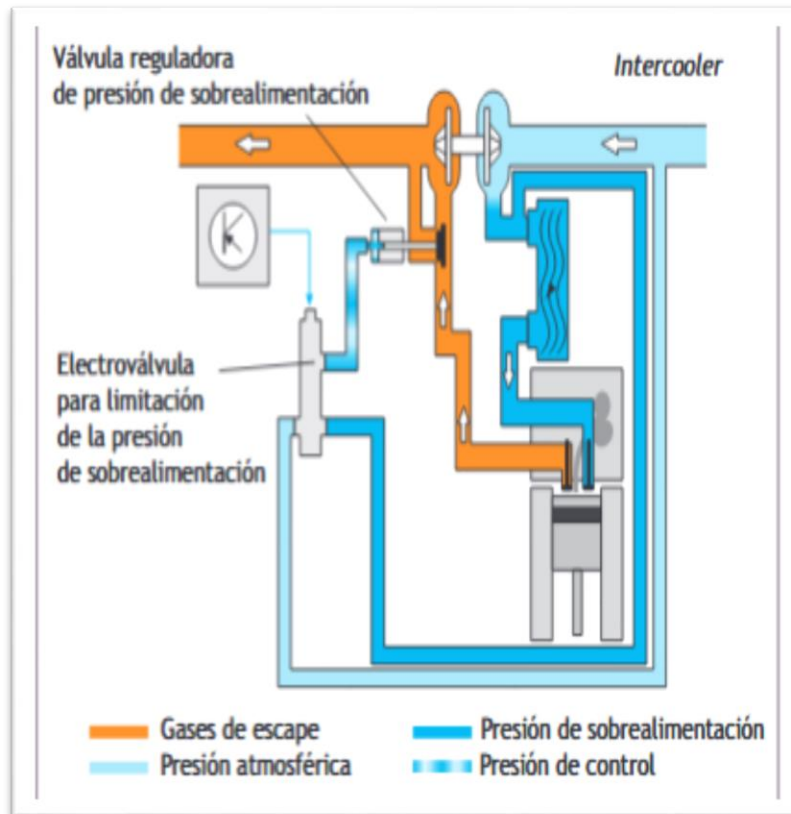


Ilustración 6 5Esquema Interno fuente: Sierra, (2007)

2.1.5 Temperatura interna de un turbocompresor:

Existen dos partes de este conjunto que reciben variables de temperaturas (Barone, 2002). La turbina puede llegar a alcanzar de 800 a 1000 grados centígrados, mientras que el compresor en su máximo funcionamiento alcanza temperaturas de hasta 80 grados centígrados (Sierra, 2007), esto hace que el eje que une estos dos componentes esté sometido a distintas temperaturas en sus extremos durante el funcionamiento del mismo, por esta razón la construcción de este sistema demanda una cierta calidad de cada uno de sus componentes (Sierra, 2007). Para poder disminuir la temperatura de los gases de escape que se utilizan para aumentar la presión en el sistema se ha involucrado a un Intercooler el cual cumple con la siguiente función (Sierra, 2007).

2.1.6 Enfriador o Intercooler:

Es un sistema que está compuesto por un intercambiador de calor en el cual se introduce el aire calentado en el compresor para enfriarlo antes de introducirlo a la cámara de cilindros para empezar el ciclo del motor normal (Nissens, 2003). Este cambio de temperatura provoca que ingrese mayor cantidad de aire al motor ya que al bajar la temperatura del aire esta se vuelve más densa y se logra así aumentar aún más la potencia del motor (Nissens, 2003). Existen dos tipos de intercooler que se nombran a continuación:

- Intercambiador de calor /aire /aire
- Intercambiador de calor tipo agua / aire

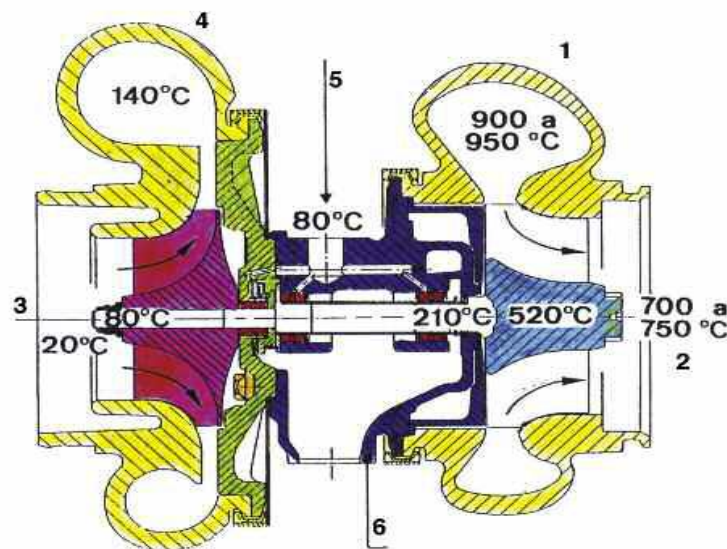


Ilustración 7 Temperatura que sufre un turbo fuente: (Nissens, 2003)

2.1.7 Ventajas y Desventajas del turbocompresor de geometría fija

A continuación se presenta un cuadro comparativo con algunas ventajas y desventajas de la utilización de un turbocompresor de geometría fija (Nissens, 2003).

Tabla 1 Ventajas y Desventajas del turbocompresor de geometría fija

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No consume energía para su accionamiento	Gran tamaño y volumen del sistema
Repuesta inmediata al acelerar	Produce mucha contaminación por ruido
Incremento notable del par desde bajas vueltas	La ubicación en el motor no es la mas eficiente

2.1.8 Sobre alimentación de Motores Diésel

Existe una gran diferencia en cuanto a una sobre alimentación de un motor Diésel a uno de gasolina. En un motor de combustión a Diésel el aire que es ocupado en la cámara de compresión es ya introducido con una presión o esta comprimido antes de inyectar el combustible, en este punto la tarea del turbo resulta primordial para la generación de mayor potencia y que la eficiencia del motor aumente. La principal tarea del turbo compresor en un motor a Diésel es proporcionar mayor cantidad de aire que se llega a comprimir para que sea introducido en cada uno de los cilindros del motor. Cuando se comprime aire se aumenta en gran medida las moléculas de oxígeno lo cual nos permite la inyección de mayor combustible en un motor de las mismas medidas que uno de aspiración normal (sin turbo) con resultados satisfactorios en cuanto al rendimiento del motor y la eficiencia del mismo.

Es importante mencionar que gracias a este gran invento que es el turbo compresor hoy en día se puede diseñar motores más pequeños con mejor rendimiento y sobre todo menos emisiones de gases contaminantes.

Aunque la constitución del turbo es relativamente sencilla en comparación a las ventajas que proporciona el mismo, hoy en día tenemos varios tipos de turbos con mejores prestaciones y mayor capacidad de entregar un mayor flujo de aire comprimido como, por ejemplo:

Turbocompresor con válvula de alivio:

La turbo compresión con una válvula de alivio de forma sencilla proporciona de manera eficaz la capacidad para controlar la velocidad del turbocompresor y la presión de sobrealimentación con el fin de poder mejorar la capacidad de sobrealimentación a bajas velocidades del motor.

Funcionamiento:

Cuando la presión de sobrealimentación alcanza sus niveles deseados, esta válvula de alivio entra en funcionamiento abriéndose y dando paso para que un pequeño porcentaje de los gases de escape que se derivan de la turbina vayan directamente al sistema del tubo de escape del vehículo. De esta manera se puede controlar la velocidad de la turbina para proporcionar una mayor presión de sobrealimentación aun cuando el vehículo este a bajas velocidades y no pierda potencia o agilidad de reaccionar en caso de ser necesario.

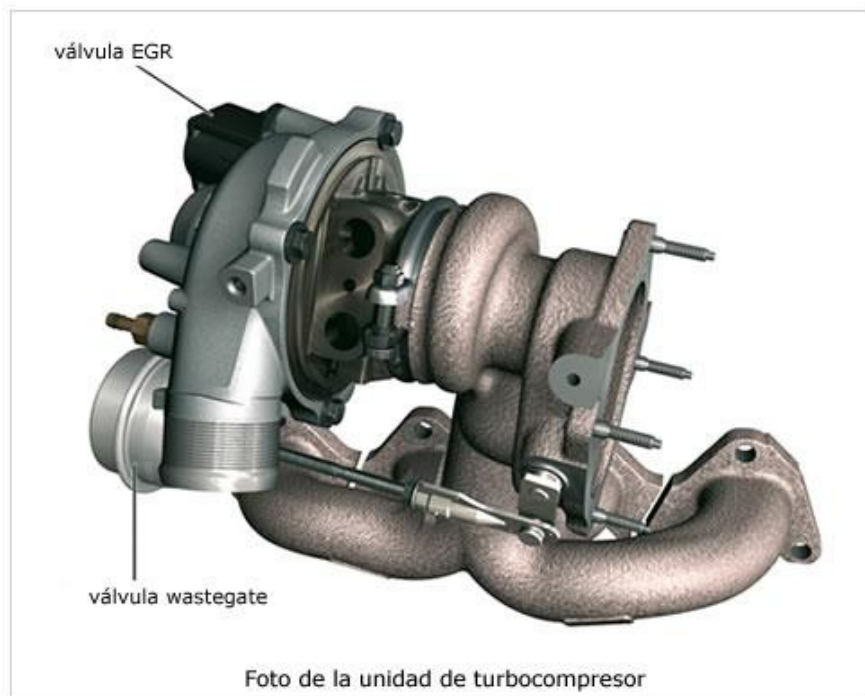


Ilustración 8 Turbocompresor con válvula de alivio (HOLSET, 2017)

3. CAPITULO 3

3.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

Una vez seleccionado el tipo de motor D4BB, debido a la falta de potencia principalmente a más de 2000 metros de altura, se procede a realizar la obtención de datos con el motor estándar sin modificación o algún tipo de adaptación para conocer de esta manera los parámetros reales de funcionamiento del vehículo y la pérdida de potencia que tiene el vehículo al pasar a funcionar en condiciones de una altura mayor a 2000 metros sobre el nivel del mar.

Para la obtención de resultados se procede a realizar pruebas de potencia y torque en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV). Este Centro es el único homologado en el país para obtención de datos reales tanto de potencia y torque como de gases de combustión.

3.1.1 Medición de Potencia y torque

Para poder realizar esta primera medición en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) dispone de los siguientes requisitos:

- Vehículo totalmente legalizado
- Presentación del vehículo con más de $\frac{1}{4}$ de combustible en el tanque
- Datos Técnicos o ficha técnica del motor o vehículo

La obtención de datos se realiza en un Dinamómetro de rodillo el cual está programado para simular condiciones de manejo. Para lo cual es importante definir un dinamómetro de rodillo el

cual consiste en una máquina capaz de dar lecturas a las curvas de potencia, par torsión y consumo específico de combustible para motores de combustión interna a gasolina o diésel (Valencia, 2015).

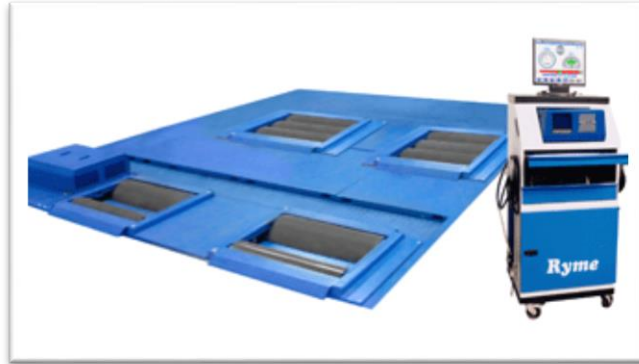


Ilustración 9 Banco Dinamométricos con Sistema ASM y opacidad de carga fuente: Valencia U,D (2015)

Para poder realizar la obtención de resultados y curvas se prepara al vehículo fijando las llantas motrices del vehículo sobre los rodillos de medición de la máquina, como segundo paso se fijan las curvas y las herramientas especiales con las cuales se garantiza que el vehículo permanezca inmóvil a pesar de que sus ruedas motrices giren sobre los rodillos durante los ensayos para la obtención de resultados.

3.1.2 Obtención de datos

El procedimiento para la obtención de datos se describe de la siguiente manera. El motor debe estar encendido y la prueba comienza acelerando el vehículo hasta llegar a la marcha ideal para la obtención de resultado que como recomendación por el fabricante de los rodillos dispone que sea en 3ra o 4ta marcha por la relación de la caja.

Se empieza con bajas RPM hasta llevar al motor a una aceleración final o máximas revolución para que los rodillos de alta resistencia tomen los resultados de potencia de las ruedas

motrices para que posterior a esto el sistema analice los datos y los proyecte en un gráfico y tablas de resultados.

Se recomienda por parte del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) que este procedimiento se realice por lo menos 3 veces para poder sacar un promedio de todas las pruebas y tener un dato más real. De tal manera se realiza una Ficha Técnica del vehículo con el tipo de motor para la investigación D4BB.

Tabla 2 Ficha especificaciones técnicas fuente: Elaboración propia

	TITULO	INFORMACION
	MOTOR	D4BB
	# CILINDROS	4 EN LINEA
	DESPLAZAMIENTO	2607 CC
	MAX. POTENCIA	79 HP a 3000 RPM
	MAX. TORQUE	166.71 Nm a 2200 Rpm
	ENFRIAMIENTO	POR AGUA
	SISTEMA DE ALIMENTACION	BOMBA ROTATIVA
	EMISION	EURO II
	COMBUSTIBLE	DIESEL
	TRANSMISION	MANUAL (5A + 1 R)
	TIPO DE TRACCION	POSTERIOR 4X2
	RELACION DE TRANSMISION DIRECTA	4TA MARCHA

3.1.4 Datos Obtenidos (1era prueba)

Después de haber realizado las 3 pruebas se tiene los siguientes datos:

Tabla 3 Resultados de Potencia fuente: Elaboración propia

Datos	Potencia (Kw)	Potencia (HP)	RPM
Medición 1	27.9	37.4	3130
Medición 2	30.5	40.9	3395
Medición 3	30.2	40.5	3375
PROMEDIO	29.5	39.6	3300

Tabla 4 Resultado de Torque fuente: Elaboración propia

Datos	Torque(Nm)	Torque(Lbf-ft)	RPM
Medición 1	99.5	73.4	2210
Medición 2	100.6	74.2	2280
Medición 3	100.2	73.9	2240
PROMEDIO	100.1	73.8	2243

3.2 Análisis de Resultados

Se puede observar que los resultados obtenidos tienen una diferencia porcentual bastante alta en comparación a la ficha técnica del fabricante del motor tomando en cuenta que los datos de la ficha técnica son a nivel del mar.

Tabla 5 Cuadro comparativo - Potencia vs Especificaciones ficha técnica fabricante fuente: Elaboración propia

Parametro	Fabricante	Medida Promedio	Diferencia Porcentual (%)
Potencia (Hp)	79.0	36.9	53.29 %
RPM	3000	3300	-

Tabla 6 Cuadro comparativo - Torque vs Especificaciones ficha técnica fabricante fuente: Elaboración propia

Parametro	Fabricante	Medida Promedio	Diferencia Porcentual (%)
Torque (Nm)	166.7	100.1	39.96%
RPM	2200	2243	-

Nivel de Emisión de gases de escape:

54% de Opacidad

Los resultados obtenidos son bastantes críticos a la hora de comparar el motor sin una adaptación o modificación. La diferencia porcentual supera la tolerancia de fábrica y con esto se ve la necesidad de una adaptación o modificación del sistema de alimentación del camión D4BB para disminuir la falta de potencia y torque que tiene este vehículo desde fábrica.

4. CAPITULO 4

4.1 REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DIÉSEL

Una vez obtenidos los resultados del rendimiento del motor Diésel, se propone la modificación del sistema de alimentación que consiste en la instalación de un turbo compresor con Intercooler para ganar potencia y eficiencia del motor en cuanto a la emisión de gases de escape.

El sistema seleccionado en esta ocasión es un turbo compresor de procedencia colombiana que consta de los siguientes elementos:

Kit turbocompresor:

- Turbo
- Válvula de alivio (BOV)
- Wastegates
- LDA
- Diafragma
- Acoples y reductores
- Cañerías
- Resorte



Ilustración 10 Kit Turbocompresor

4.2.1 Proceso de instalación

Proceso de desarmado:

1. Comienza con soltar las abrazaderas del ducto de caucho de admisión que va desde el filtro de aire hacia la entrada al múltiple de admisión. Estas abrazaderas serán reusadas para luego sujetar dicho ducto, pero con un cierre hermético con otro tipo de caucho.
2. Soltar los tres tornillos que ajustan el tubo descendente de escape a la cañería principal.



Ilustración 11 Desacople del sistema de escape: Elaboración propia

3. Soltar los tornillos de los múltiples de admisión y escape, remover el múltiple de admisión y luego el múltiple de escape.
4. Con estos componentes desmontados, soltar el tubo superior del enfriador de aceite que sale del bloque del motor.
5. Reemplazar por el que esta suministrado en el kit reusando las arandelas de sellado y el tornillo principal. Encajar la manguera original que va hacia el enfriador reutilizando la abrazadera de ajuste original. Esto lo hacemos para darle espacio al nuevo ducto de admisión que va a entrar al turbo. Al hacer esto va a haber un poco de aceite del motor

humedeciendo la parte inferior del bloque del motor y recomendamos limpiar bien antes de proceder con la instalación.

6. El siguiente paso es desmontar la sonda o sensor de presión de aceite del motor.
7. Instalar la “T” de bronce aplicando sellador hidráulico sin que este penetre en el ducto. Solo sobre la parte roscada y luego montar de nuevo la sonda de acuerdo a la imagen.
8. Una vez instalada de nuevo la sonda, instalar la manguera de lubricación de aceite al turbo haciendo el mismo procedimiento de aplicar sellador neumático sobre la parte roscada de la manguera. Al igual que la sonda, estas roscas son NPT y por su forma cónica se deben ajustar hasta que se sienta el apreté normal. No sobre apretar

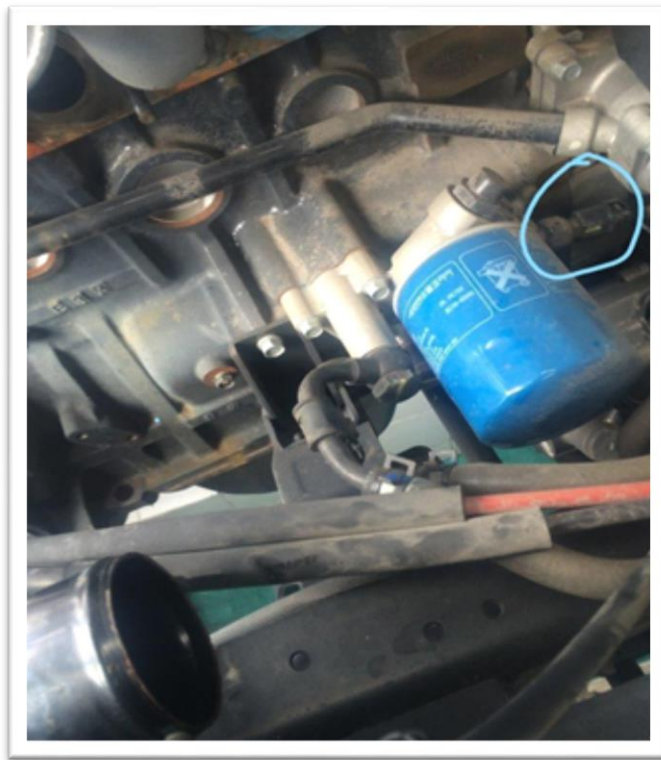


Ilustración 12 Sistema de lubricación para el turbo fuente: Elaboración propias

9. Luego, instalar el múltiple de escape con el turbo y la bajante. Apretar los tornillos a la culata o cabeza del motor con el torque recomendado por el fabricante. Instalar los tres tornillos de 10mm con sus tuercas a la cañería de escape principal.
10. Para hacer más fácil este procedimiento, aconsejamos aflojar los tres soportes traseros de la cañería de escape original, para permitir que esta gire y se acople fácil a la nueva posición. Una vez estén apretados los tres tornillos al tubo bajante del turbo, volver a ajustar las abrazaderas de la cañería verificando que esta no quede golpeando al chasis del vehículo



Ilustración 13 Sistema de escape fuente: Elaboración propia

11. Instalar de nuevo el múltiple de admisión usando los tornillos originales y al torque recomendado por el fabricante.
12. Una vez esté el turbo en su puesto, procedemos a instalar la línea de lubricación y la línea de retorno al cárter. La línea de alimentación de aceite se ajusta con una llave 9/16 al racor de entrada al turbo. Aquí no se usa ningún sellante. Este es un acople hidráulico. Luego, cortar la manguera de caucho que va del alternador (bomba de vacío) al cárter de acuerdo a

la imagen para instalar el tubo en forma de "T" el cual va a recibir la manguera de retorno del turbo. Apretar las abrazaderas adecuadamente sin sobre ajustar. Esta "T" tiene una sola manera de montaje. No se puede invertir, ya que causará daños y posibles fugas de aceite. El montaje correcto es que la punta de la "T" quede apuntando hacia la parte trasera del camión y así recibir la manguera de retorno y retirada del soporte del motor.



Ilustración 14 Mangueras de lubricación fuente: Elaboración propia



Ilustración 15 Manguera de retorno de aceite fuente: Elaboración propia

13. Instalar la manguera de retorno usando las dos abrazaderas. Aquí en este procedimiento, también va a haber humedad de aceite. Limpiar muy bien para después de terminado se puedan verificar fugas.
14. Con el Turbo instalado y todas sus líneas en posición, podemos instalar el intercooler y su tubería. El intercooler viene con el soporte ya pre-instalado. Sujetarlo al marco delantero del chasis usando el tornillo M8 suministrado en el kit.
15. Luego instalar las cañerías de presión usando las mangueras suministradas y sus abrazaderas. En la salida inferior del intercooler, instalar la manguera de 90 grados insertando la pata más corta de la manguera en el intercooler y la más larga al tubo en forma de "U". Sujetar al chasis usando el punto original y su tornillo original.
16. Instalar al ducto superior del intercooler la cañería en forma de "J" y sujetar al chasis en el punto adecuado que lo dará el mismo tubo.



Ilustración 16 Perno de sujeción del intercooler fuente: Elaboración propia

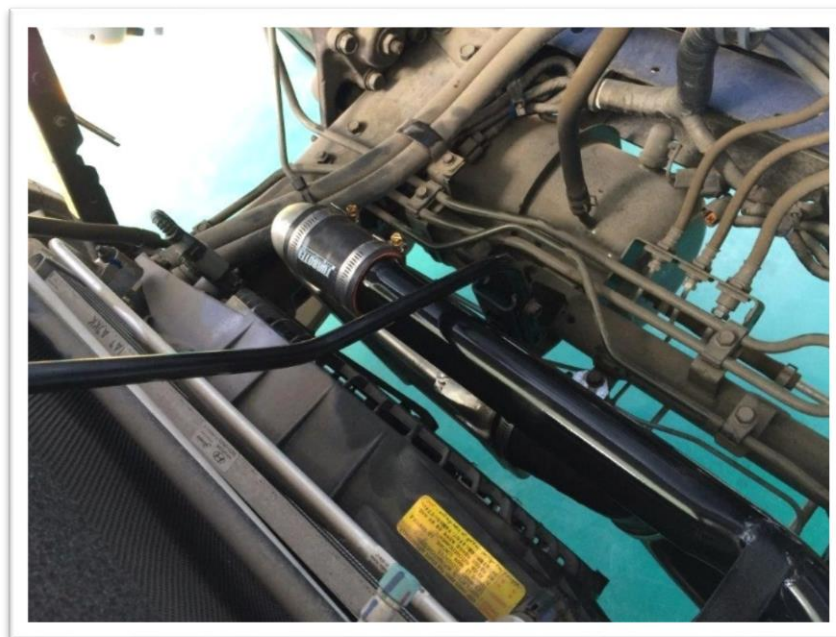


Ilustración 17 Cañerías del sistema de turbo fuente: Elaboración propia



Ilustración 18 Cañerías del sistema de turbo fuente: Elaboracion propia



Ilustración 19 Cañerías del sistema de turbo fuente: Elaboracion propia

17. Luego instalar las cañerías que van desde el turbo y hacia el turbo en el lado derecho del motor usando las mangueras y abrazaderas suministradas. Estas mangueras y abrazaderas deben quedar muy bien ajustadas y en el sitio correcto después del reborde para evitar que se suelten. También instalar el semi codo con ampliación que va a la boca de entrada del motor. Ajustar las abrazaderas para evitar que estas por la vibración del vehículo ocasionen una fuga de aceite.



Ilustración 20 Posición de cañerías del turbo fuente: Elaboración propia

18. Se puede instalar los ductos de admisión del turbo.
19. Instalar el codo de radio cerrado en la boca del Turbo usando la manguera de 34mm de largo y sus abrazaderas. Luego la manguera de 60mm y el codo de ampliación de 55 a 62mm. Este codo debe quedar con el racor hacia la parte de arriba. Este racor es el que va a recibir los gases del motor. Instalar la manguera de acordeón al tubo original que va hacia el filtro de aire usando la abrazadera original.

20. Cortar la manguera original de desfogue de gases del motor y reutilizar un tramo para instalar la línea de presión hacia la bomba de combustible usando la unión con reducción de 14mm a 7mm. Conectar la línea de silicona suministrada al puerto de presión en la bomba según instrucciones de ajustes de bomba de combustible para una sincronización adecuada con el paso de combustible a la cámara de combustión.



Ilustración 21 Válvula de alivio fuente: Elaboración propia

21. Instalar la manguera de desfogue de gases de la tapa de válvulas hacia el tubo de entrada de admisión del turbo.
22. Instalar el tramo de forro protector de temperatura en el cable de palanca de cambios usando los amarres suministrados.



Ilustración 22 Sistema de escape con el turbo fuente: Elaboración propia

4.2.2 Procedimiento para ajuste de bomba de combustible con kit turbo Hyundai HD45

1. Remover la tapa superior de la bomba soltando los 4 tornillos M6 con un dado 10mm.
2. Cuidadosamente retirar el pulmón de bronce y sus pequeños espaciadores de ajuste.



Ilustración 23 Bomba de inyección fuente: Elaboración propia

3. Retirar uno de los espaciadores para usarlo en el diafragma suministrado con el kit.
4. Una vez retirado el pulmón, inserte uno de los espaciadores en la punta del diafragma. Esto es para prevenir desgaste, ya que este es de acero y el remache del diafragma es de bronce. Este debe quedar entre el diafragma y el pistón de la bomba. Se debe revisar que esta parte del componente principal (bomba de inyección) que debidamente acoplado para evitar que la regulación de la bomba se pierda después de algún kilometraje.



Ilustración 24 Sistema de compensación fuente : Elaboración propia

5. Luego de instalar el diafragma, coloque el resorte suministrado en el kit y luego la tapa de aluminio, utilizando los tornillos M6 que vienen en el kit. Esta tapa viene pre calibrada y no debe ser modificada
6. Una vez esté tapada la bomba, instale la línea de presión que es una manguera de 4mm de diámetro interior y se debe conectar entre la parte superior del múltiple de admisión y el puerto en la bomba debajo de la tapa.



Ilustración 25 Manguera de flujo de aire y tornillo de regulación fuente: Elaboración propia

Una vez este esto instalado, hay que hacer un ajuste al tornillo de presión de la bomba. Retirar el tapón cobertor, soltar la tuerca de seguro de 13mm y con un atornillador plano ajustar. Este se debe apretar 320 grados en el sentido de las agujas del reloj para dar la presión necesaria a la bomba y su buen desempeño. Al hacer esto, el motor se va a acelerar hasta cerca de las 1100 RPM. Por esta razón, se debe ajusta el tornillo de tope de ralentí de la bomba y ajustar hasta que el motor quede en 850 a 900 RPM. Además de esto, si el motor está equipado con aire acondicionado, se debe ajustar el vástago que hala el balancín de la bomba para que cuando este activado el compresor del AC, no se acelere demasiado el motor. Se debe ajustar para que al prender el AC este quede sobre las 900 +- 50 RPM.

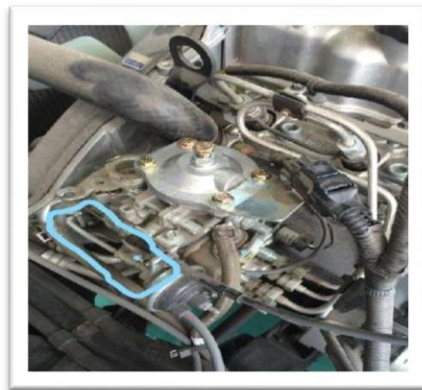


Ilustración 26 Regulación del accionamiento del acelerador fuente: Elaboración propia

5. CAPÍTULO 5

5.1 PROCESO DE MEDICIÓN CON REPOTENCIACIÓN DE MOTOR

Una vez ya instalado el sistema de turbocompresor, se procede a verificar en el banco de pruebas los cambios logrados en referencia a la potencia y torque que se puede obtener a partir de la instalación del turbo.

Se procede nuevamente a colocar el vehículo en el rodillo (dinamómetro) para la toma de nuevos resultados ya con la instalación del turbo compresor en el motor D4BB que se ha utilizado para el proceso de repotenciación.

5.1.1 Datos del Vehículo

Tabla 7 Ficha especificaciones técnicas fuente: Elaboración propia

	TITULO	INFORMACION
	MOTOR	D4BB
	# CILINDROS	4 EN LINEA
	DESPLAZAMIENTO	2607 CC
	MAX. POTENCIA	79HP a 3000 RPM
	MAX.TORQUE	166.71 Nm a 2200 RPM
	ENFRIAMIENTO	POR AGUA
	SISTEMA DE ALIMENTACION	TURBOCARGADOR
	EMISION	EURO II
	COMBUSTIBLE	DIESEL
	TRANSMISION	MANUAL (5A + 1R)
	TIPO DE TRACCION	POSTERIOR 4X2
	RELACION DE TRANSMISION	4TA MARCHA

5.1.2 Medición de Potencia y Torque con Sistema Turbo Cargador:

Potencia:

Tabla 8 Resultados de Potencia fuente: Elaboración Propia

Datos	Potencia (Kw)	Potencia (HP)	RPM
Medicion 1	58,4	78,3	3530
Medicion 2	61,2	82	3445
Medicion 3	61,4	82	3530
PROMEDIO	60,3	80,9	3502

Torque:

Tabla 9 Resultados de Torque fuente: Elaboración propia

Datos	Torque (Nm)	Torque (Lbf-ft)	RPM
Medicion 1	186,3	137,4	3605
Medicion 2	194,2	143,2	3605
Medicion 3	194,2	143,2	3605
PROMEDIO	191,7	141,4	3605

Nivel de Emisión de Gases:

37% de Opacidad

Análisis de Resultados:

Una vez obtenidas las mediciones con el sistema de turbo cargador instalado en el motor D4BB se puede concluir con los siguientes resultados que se describen en la siguiente tabla

Tabla 9 Análisis de resultado fuente: elaboración propia

Parámetro	Fabricante	Medida Promedio	Diferencia Porcentual (%)
Potencia(HP)	79,0	60,3	18,7%
RPM	3000	3500	-

La diferencia porcentual que se puede determinar ahora es de 18,7 % siendo esta medición a 2800 metros de altura en referencia con el dato del fabricante que es obtenido a nivel del mar en donde las condiciones atmosféricas para la compresión del aire son totalmente diferentes y favorecen para tener mayor potencia. Se puede determinar también que el sistema instalado de turbo cargador ayuda en gran parte al aumento de potencia y torque, esto ayudara a la compensación de la perdida de potencia a nivel del mar y a cumplir con las expectativas del cliente.

De igual manera se evidencia una disminución del % de opacidad por la modificación realizada al motor, al tener mayor potencia gracias a la instalación de un turbo cargador es posible regular el caudal de entrega de combustible de la bomba. Siendo esto un beneficio para que baje la opacidad y el motor produzca menos emisiones de gases contaminantes.

6. CONCLUSIONES

- Una vez obtenidos los resultados de las mediciones efectuados al motor D4BB utilizado para este proyecto, se llega a determinar que es factible y viable el proceso de repotenciación de un motor a diésel de 2600 cc el cual al ser sometido a condiciones de altura como en la ciudad de Quito, pierde potencia y torque al no estar en las condiciones atmosféricas en las que se probó y se homologo este motor para su comercialización (datos de fabricación).
- Al tener una falta de potencia totalmente notoria se procede a instalar un sistema de turbo cargador con el cual podemos concluir que se puede llegar a compensar la falta de potencia y torque en un 80% sin tener que hacer alguna modificación adicional que podría afectar al funcionamiento normal del motor.
- Los datos obtenidos en el dinamómetro nos dan un resultado favorable que después de probar el sistema y someter a las pruebas en uno de los institutos ecuatorianos homologados por el gobierno y el municipio se obtiene resultados satisfactorios en cuanto a la compensación de potencia y torque reduciendo así la diferencia porcentual en un 80% en referencia a los datos referenciales de fabricación del motor.
- Al tener mayor potencia y torque se consigue que el motor consuma menos combustible y su sistema de gases de escape tenga menos emisiones contaminantes.
- Con el sistema de turbo cargador instalado en este motor D4BB la compresión de aire es mucho mayor con lo que se consigue que se combustione de mejor manera el combustible y sea de un consumo más eficiente.

7. RECOMENDACIONES

- Con el proceso de instalación del turbo cargador se debe tener algunas precauciones con el fin de no tener problemas principalmente en el sistema de lubricación en el cual se debe hacer algunas modificaciones para que el turbo cargador también reciba lubricación por medio de las cañerías.
- Se recomienda igual que el sistema de turbo cargador sea de buena procedencia para poder asegurar así la eficiencia del mismo y la obtención del rendimiento desea en este proyecto.
- Otro de los factores que se deben tener en cuenta el momento de la instalación y repotenciación del motor D4BB es el proceso de instalación y modificación de la bomba en el cual se debe seguir paso a paso las instrucciones del proveedor del turbo y al realizar las modificaciones de la bomba de inyección se debe realizar en un banco de pruebas y un comprobador de inyección diésel para poder asegurar el aprovechamiento adecuado del turbo así como del combustible suministrado en el momento de la puesta en marcha del motor.
- Se debe también tomar en cuenta la regulación del caudal del combustible en el sistema de inyección ya que si se llegara a regular en parámetros errados se producirá un efecto contrario el cual nos daría mayor contaminación y el rendimiento del vehículo bajaría a pesar de tener cabellos de fuerza adicionales.

8. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Presión atmosférica

Presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra.

HP

Caballos de fuerzas

Dinamómetro

Máquina para medir la potencia y torque de forma estática

Geometría Variable

Configuración de ala que permite alterar su funcionamiento para aprovechar de mejor manera la aerodinámica.

Intercooler

Es un radiador aire-aire o aire-agua que se encarga de enfriar el aire comprimido.

RPM

Revoluciones por minuto.

Wastegate

Válvula reguladora de presión generado por el turbo.

Turbo compresor

Sistema de sobrealimentación que usa una turbina centrífuga

LDA

Regulador de presión

9. REFERENCIAS

- Barone, S. (2002). *Sobrealimentación en motores*. Argentina: UNLP – Facultad de Ingeniería.
- HOLSET. (2017). *Turbocompresores Holset*. HOLSET.
- Jairo Castillo, V. R. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión. *Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica*.
- León, R. P. (6 de Junio de 2016). *MotorBit*. Obtenido de <http://motorbit.com/la-historia-del-motor-diesel/?pais=>
- Nissens. (2003). Automoviles, camionetas y camiones.
- Pacheco, S. C. (2007). *Módulo Motor a Diesel*. Colombia: ITSA.
- Puente, M. E. (2017). Análisis De Las Curvas Características Y La Opacidad De Un Motor. *INNOVA Research Journal* .
- Purday, H. F. (1991). *Diesel Engine Design*. Chicago: Cornell University .
- Sierra, A. (2007). Sistemas de Sobrealimentación. En A. Sierra.
- Valencia, U. d. (2015). *Funciones Dinanometro*. Valencia.